www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

JAARGANG 21, 1959, no. 2/3 blz. 41-84 Verschenen 6 juni 1959

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELEND TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUKTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

EEN 8 mm-RADARINSTALLATIE

door J. M. G. SEPPEN *) en J. VERSTRATEN **).

621.396.967.029.65

Een radarbeeld op een panoramascherm stelt een soort plattegrond van de omgeving van de radarpost voor. Men kan op deze wijze (met relatief lange golven) veel verder „kijken" dan optisch mogelijk is. Radar wordt echter ook toegepast (met korte golven) voor waarnemingen binnen het optisch te bestrijken gebied. Immers, met radar kan men ook 's nachts en bij mist ongehinderd kijken.

De langs directe optische weg waargenomen omgeving bevat natuurlijk veel meer details dan het radarbeeld, dat slechts een zeer grove afbeelding is. De grofheid van de afbeelding die radar geeft, d.i. het scheidend vermogen van de installatie, vormt een beperking voor diverse toepassingen. Door de N.V. Philips' Telecommunicatie-Industrie is nu ontworpen de 8 GR 250, een radarinstallatie die in het golflengtegebied van 8 mm werkt en een zeer goed scheidend vermogen bezit. Onderstaand artikel geeft een beschrijving van dit radarapparaat, tezamen met enkele theoretische beschouwingen die tot dit ontwerp geleid hebben.

Inleiding

Reeds vele jaren worden de golflengtegebieden van 3 en 10 cm gebruikt voor radar als hulpmiddel bij de navigatie. Voor navigatie op vrij grote afstanden worden hiermee uitstekende resultaten verkregen. Voor navigatie in een beperkt gebied echter wordt van de radarinstallatie een zeer groot scheidend vermogen verlangd, dat men met de genoemde golflengten moeilijk kan bereiken. Bij voorbeeld in havens en nauwe vaarwaters wil men niet alleen nauwkeurig de afstanden tot de zeer vele obstakels weten, maar men wil ook graag zien welke manœuvres de andere schepen bezig zijn uit te voeren. Dit laatste kan men afleiden als men op het radarscherm de juiste vorm van die schepen afgebeeld ziet (zg. ship-shape radar).

Om dit goede scheidend vermogen mogelijk te maken, moet men een radarapparaat bouwen dat met een nog kleinere golflengte werkt. Door de N.V. Philips' Telecommunicatie-Industrie is ontworpen de 8 GR 250, een radarinstallatie met een golflengte van 8,6 mm. Deze installatie kan worden gebruikt niet alleen als radar op schepen die vaak in nauwe of drukke vaarwaters komen, of als hulp- en havenradar voor grote schepen, maar ook als radar voor luchthavens ter controle van het verkeer op het platform en de startbanen (zg. ASMI-radar, Airfield Surface Movement Indication) [1]).

Principe van radar

Aangezien in dit tijdschrift het onderwerp „radar" [2]) nog niet eerder in extenso besproken is, zullen we beginnen met een kort overzicht van de principes.

De radarpost zendt radiogolven uit, deze reflecteren tegen de verschillende objecten die zich in de omtrek bevinden, en de echo's worden in de ontvanger van de radarpost verwerkt tot een beeld op het scherm van een katodestraalbuis (panoramascherm). Men krijgt hierop een soort plattegrond van de omgeving, waarbij de objecten als lichtpunten op een donkere achtergrond verschijnen.

*) N.V. Philips' Telecommunicatie-Industrie, Hilversum.
**) Destijds verbonden aan N.V. Philips' Telecommunicatie-Industrie.

[1]) Deze 8 mm-radarinstallatie is door de auteurs reeds eerder beschreven in T. Ned. Radiogenootschap **23**, 17-32, 1958 (no. 1) en Philips Telecomm. Rev. **20**, 5-15, no. 1, september 1958.

[2]) Afgeleid van „*r*adio *d*etection *a*nd *r*anging", d.w.z. het aantonen van en het meten van de afstand tot objecten door middel van radiogolven. Zie o.a. Louis N. Ridenour, Radar system engineering, Radiation Laboratory Series, no. 1, McGraw-Hill, New York 1947.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Aan de hand van het principeschema van de 8 mm-radarinstallatie (*fig. 1*) lichten we nu nader toe hoe dit in zijn werk gaat.

Een 8 mm-magnetron wordt gevoed met periodiek herhaalde impulsen van hoge spanning uit een modulator en levert daardoor telkens gedurende zeer korte tijd een hoogfrequent signaal. De periodieke herhaling wordt vastgelegd door een stuurgenerator die synchronisatie-impulsen geeft. De „impulsen" van het magnetron (golftreintjes) worden via een golfgeleider naar de antenne gevoerd. Deze bestaat uit een parabolische reflector met in zijn brandpunt het hoornvormig verwijde uiteinde van de golfgeleider als „voeding". De radiogolven worden door de reflector in een nauwe bundel uitgestraald. Ontmoeten de radiogolven op hun weg een obstakel, dan geeft dit een gereflecteerd (verstrooid) signaal naar alle richtingen, o.a. ook in de richting van de radarpost. Deze echo's treden de ontvangantenne binnen, die evenwijdig aan de zendantenne staat. In een superheterodyne-ontvanger, die o.a. bestaat uit een mengtrap en een klystron als plaatselijke oscillator, worden de echosignalen omgezet in impulsen van een lagere frequentie (middenfrequentie, hier 90 MHz). Deze worden versterkt, gedetecteerd, nog eens versterkt in een videoversterker en dan toegevoerd aan de reeds genoemde katodestraalbuis. Door een synchronisatie-impuls, verkregen uit het magnetron, is de start van de tijdas hiervan gesynchroniseerd met het tijdstip van de zendimpuls. De elektronenstraal wordt magnetisch afgebogen door middel van een spoel, die om de hals van de buis roteert. Deze roterende beweging is gesynchroniseerd met die van de om een verticale as draaiende antennes. De tijdas van de katodestraalbuis begint in het middelpunt van het panoramascherm en loopt radiaal naar de rand, in een richting die overeenkomst met de richting van de bundel die de antennes uitstralen resp. opvangen. De ontvangen impuls wordt nu gebruikt om de normaal in werking zijnde onderdrukking van de elektronenstraal op te heffen. Op deze wijze ontstaat dan op het panoramascherm een plattegrond van de omgeving, aangezien echo's van de verder weg gelegen objecten een evenredig langere looptijd hebben en dus verder van het middelpunt van het panoramascherm een beeldpunt geven. De *figuren 2* en *3* geven een indruk van de nauwkeurigheid waarmee het panoramascherm van de 8 mm-radarinstallatie de omgeving kan weergeven.

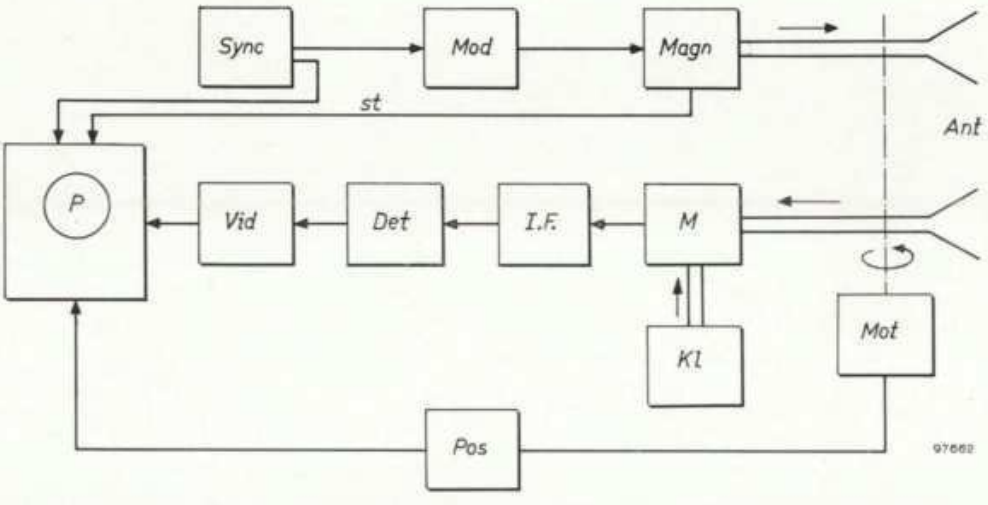


Fig. 1. Principeschema van de 8 mm-radarinstallatie. *Magn* = magnetron, *Mod* = modulator, *Sync* = generator van de synchronisatie-impulsen, *Ant* = roterende antennes, *Kl* = klystron, *M* = mengtrap, *I.F.* = middenfrequentieversterker, *Det* = detector, *Vid* = videoversterker, *P* = indicator met panoramascherm, *Mot* = motor voor aandrijving van de antennes, *Pos* = koppeling van antennepositie en stand van de tijdas; *st* duidt de startimpuls aan die door het magnetron aan de tijdasschakeling gegeven wordt.

De werking van radar is dus o.a. gebaseerd op de drie volgende feiten [3]):

1) De snelheid der golfvoortplanting (lichtsnelheid) is constant en bekend, waardoor de meting van de looptijd der impulsen ons direct de afstand tot het object geeft.
2) Het is mogelijk de zender zeer korte impulsen van groot vermogen te laten genereren. In de tijd tussen deze impulsen heeft de ontvanger de gelegenheid om de echo's te registreren.

[3]) We spreken hier uitsluitend over de zogenaamde impulsradar. Er bestaan ook andere systemen, die echter in dit verband niet ter zake doen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

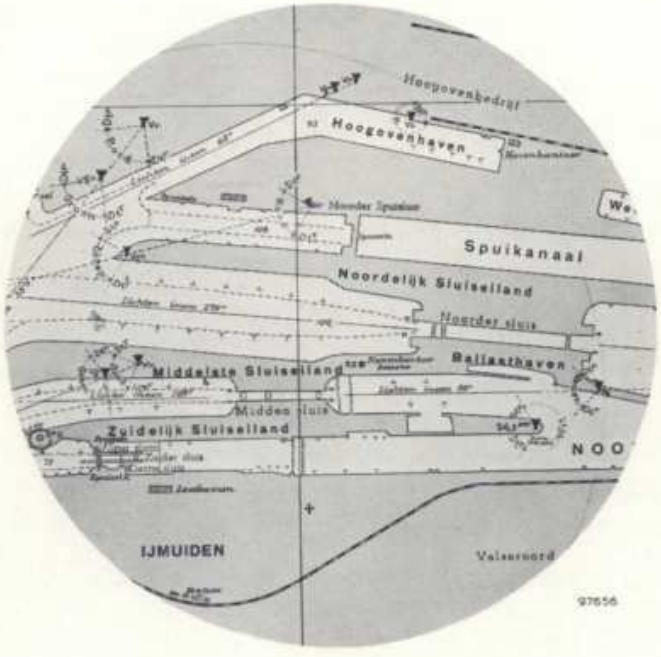


Fig. 2

Fig. 3

Fig. 2. Landkaart van de haven van IJmuiden, schaal 1:25000.
Fig. 3. Radarbeeld van de haven van IJmuiden, verkregen met de 8 mm-radarinstallatie 8 GR 250 (scherm ingesteld op 2 km diameter).

3) Door de kleine golflengte (cm- of mm-gebied) kan men met redelijke antenneafmetingen toch de golven zeer scherp bundelen, waardoor de radiogolven in een goed gedefinieerde richting uitgezonden en ontvangen worden.

Invloed van de golflengte op de eigenschappen van radar

Het voorafgaande wijst er reeds op dat de eigenschappen van een radarinstallatie grotendeels door de golflengte worden bepaald. We zullen in het volgende bespreken, hoe de invloed van de golflengte zich in het scheidend vermogen en in de dracht manifesteert.

De antenne

Zoals reeds werd vermeld, bestaat de antenne uit een parabolische reflector die door een hoorntje in het brandpunt gevoed wordt. De bundel die ontstaat, is niet scherp cilindrisch begrensd: door buigingsverschijnselen waaiert hij uit, hij krijgt een min of meer kegelvormige gedaante, met de top in het middelpunt van de antenne. Aan de rand van deze kegel neemt de veldsterkte vrij snel af naar nul.

De tophoek van de kegel in het horizontale doorsnijdingsvlak noemt men de bundelbreedte ϑ_h. Daarbij wordt de tophoek gedefinieerd als hoek tussen die richtingen waarin de intensiteit van de straling tot de helft van de maximale intensiteit gedaald is. Deze bundelbreedte (in radialen) wordt bij benadering gegeven door de formule:

$$\vartheta_h = \lambda/l_h, \quad \ldots\ldots \quad (1a)$$

waarin λ de golflengte is en l_h de lineaire afmeting van de antenne in het horizontale vlak. Ook in het verticale vlak kan men aldus een bundelbreedte definiëren (zie *fig. 4*):

$$\vartheta_v = \lambda/l_v. \quad \ldots\ldots \quad (1b)$$

Om een maat voor de bundeling van de energie te hebben, vergelijkt men de uitstraling van de antenne in een bepaalde richting met die van een hypothetische antenne die de energie isotroop uitstraalt

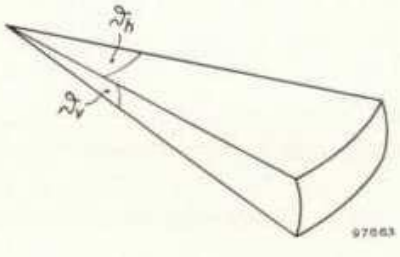


Fig. 4. Bundel van de antenne.

(d.w.z. evenveel in alle richtingen). Zendt deze antenne in totaal een vermogen P_0 uit, dan gaat op een afstand R een vermogen $P_0/4\pi R^2$ door een oppervlakte-eenheid. Door bundeling met behulp van een reflector kan men de intensiteit in een bepaalde richting een factor G groter maken. Men

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

rekent altijd met de maximale waarde van deze richtversterking. Hij treedt op in de hartlijn van de bundel en wordt gegeven door de formule:

$$G_0 = 4\pi A/\lambda^2, \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

waarin A de effectieve antenneoppervlakte is (ongeveer 0,7 maal de werkelijke oppervlakte). Deze formule kan men ontstaan denken door de ruimtehoek die de bundel bestrijkt, te beschouwen als produkt van de bundelbreedten ϑ_h en ϑ_v in het horizontale en verticale vlak (zie verg. 1a,b), en door deze ruimtehoek te vergelijken met de ruimtehoek 4π waarin de isotrope straler straalt; dus $G_0 = 4\pi/\vartheta_h\vartheta_v$. Uit (2) ziet men dat een kleinere golflengte een grotere richtversterking tot gevolg heeft. De invloed hiervan op de dracht van de radarinstallatie komt tot uitdrukking in de zg. radarformule.

De radarformule

Het signaalvermogen dat de radarpost terugontvangt bij uitstraling van een vermogen P_0, wordt gegeven door:

$$P = \left(G_0 \frac{P_0}{4\pi R^2}\right)\left(\frac{\sigma}{4\pi R^2}\right) A. \quad \ldots \quad (3)$$

Deze formule geldt voor de vrije ruimte, waarbij dus o.a. geen rekening is gehouden met verliezen ten gevolge van atmosferische invloeden. De eerste factor bevat het bovengenoemde, door de zender uitgezonden, gebundelde vermogen, dat op een object op afstand R van de radarpost valt. Het object verstrooit deze straling, en een klein gedeelte van de energie komt terug in de richting van de radarpost. Dit wordt uitgedrukt in de tweede factor, waarin σ de effectieve reflecterende oppervlakte van het object is.

Nemen we voor P de waarde P_{min}, het minimale door de ontvanger detecteerbare signaal, dan kunnen we voor de dracht R_{max} van de radarinstallatie schrijven:

$$\left.\begin{aligned} R_{max} &= H \sqrt[4]{\frac{P_0}{P_{min}}} \sqrt[4]{\frac{\sigma}{4\pi}}, \\ \text{waarbij} \quad H &= \sqrt{\frac{G\lambda}{4\pi}} = \sqrt{\frac{\lambda}{\vartheta_h\vartheta_v}} = \sqrt{\frac{A}{\lambda}}. \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (4)$$

Uit deze „radarformule" kunnen we de volgende conclusies trekken:

a) Bij constant gehouden antenneafmetingen, piekvermogen van de impuls en minimaal te detecteren signaal, is de dracht in de vrije ruimte omgekeerd evenredig met $\sqrt{\lambda}$, dus evenredig met $\sqrt{f}$, de wortel uit de frequentie. Dit zou pleiten voor een zo hoog mogelijk opvoeren van de frequentie, ware het niet dat de voortplantingseigenschappen in de dampkring bij toenemende frequentie veelal slechter worden. Hierop komen we nog terug.

b) Houden we de richtversterking en dus ook de bundelbreedte van de antenne constant — hetgeen betekent dat de lineaire antenneafmetingen evenredig met de golflengte moeten veranderen —, dan is de dracht evenredig met $\sqrt{\lambda}$.

c) Willen we de dracht constant houden, bij overigens constante eigenschappen van de zender en ontvanger, dan moet A/λ constant blijven, met andere woorden: de lineaire antenneafmetingen moeten dan evenredig met $\sqrt{\lambda}$ worden gekozen.

Passen we het bovenstaande toe voor de overgang van een 3 cm- naar een 8 mm-radarinstallatie (waarbij we gemakshalve de verhouding der golflengten op 4 stellen) dan zien we het volgende. Bij dezelfde bundelbreedte wordt de dracht tot de helft gereduceerd. De antenne wordt in oppervlakte 16 maal zo klein. Compensatie van het verlies in dracht door middel van het opvoeren van het vermogen zal een minstens 16 maal zo groot vermogen betekenen. Willen we de dracht constant houden, dan zal de antenne van de 8 mm-installatie in oppervlakte slechts 4 maal kleiner kunnen worden, dus lineair 2 maal. Een verlies in dracht ten gevolge van atmosferische invloeden moet dan nog gecompenseerd worden.

Het scheidend vermogen

Men onderscheidt tangentieel en radiaal scheidend vermogen. Hierbij denkt men op het panoramascherm en op de omgeving van de radarpost een systeem van poolcoördinaten aangebracht, met de oorsprong ter plaatse van de radarpost. Het radiale scheidend vermogen wordt bepaald door de impulsduur τ van de impuls die het magnetron uitzendt. De looptijd van de impuls vanaf de antenne tot het object op een afstand R en terug wordt gegeven door $t = 2R/c$, waarin c de lichtsnelheid is. Twee objecten, radiaal op een afstand ΔR van elkaar gelegen, kan men slechts onderscheiden als het verschil in looptijd van de impulsen, $2\,\Delta R/c$, groter is dan de impulsduur τ. Deze minimale afstand, die dus gelijk is aan $c\tau/2$, noemt men het radiale scheidend vermogen van de radarinstallatie. Klaarblijkelijk is een zo kort mogelijke impulsduur τ gewenst. Deze kan men echter niet onbeperkt kort maken, aangezien het magnetron een aantal trillingsperiodes nodig heeft om tot genereren te komen. Dit betekent

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dat men bij kleinere golflengten impulsen van kortere duur kan opwekken en zo dus het radiale scheidend vermogen kan opvoeren. Bij de 8 GR 250 is de impulsduur $\tau = 0{,}02$ µsec, wat zou overeenkomen met een radiaal scheidend vermogen van 3 meter. (Hierbij zien we af van allerlei bijkomende factoren die het scheidend vermogen in zekere mate beïnvloeden.)

Het tangentiële scheidend vermogen wordt gegeven door het produkt van de horizontale bundelbreedte ϑ_h en de afstand R tot de antenne: $R\vartheta_h = R\lambda/l_h$. Om het tangentiële scheidend vermogen te verbeteren, kan men dus òf de antenne vergroten of de golflengte verkleinen. Bij de 8 GR 250 is de bundelbreedte ongeveer 0,3°, en het tangentiële scheidend vermogen op 600 meter afstand ongeveer 3 meter.

Een beperkende factor bij het opvoeren van het scheidend vermogen is de eindige afmeting van de lichtstip op het scherm van de katodestraalbuis. Op het panoramascherm wordt een „afbeelding" van de omgeving gemaakt. Het heeft geen zin als de door radar te scheiden objecten, omgerekend op het scherm, kleiner zijn dan de lichtstip die de elektronenstraal daarop exciteert. In de praktijk heeft de genoemde afbeelding een schaal die men in een aantal stappen kan instellen. De grootste schaal correspondeert met het kleinste gebied dat men afbeeldt, en dat is bij de 8 GR 250 een cirkel met een straal van ongeveer 500 meter. Het volgende beeld heeft een straal van 1000 m, enz. Voor het kleinste gebied is natuurlijk de invloed van de stipgrootte het geringste. Bij de 8 GR 250 zijn nu de verschillende grootheden zodanig gekozen dat men bij de kleinste gebieden een optimale aanpassing heeft van het scheidend vermogen van de radarinstallatie bij dat van de katodestraalbuis.

De impulsherhalingsfrequentie

Ook de keuze van de impulsherhalingsfrequentie F is afhankelijk van de gebruikte golflengte. Deze frequentie is gebonden aan een interval gelegen tussen een maximale en een minimale waarde.

De maximale waarde wordt door twee factoren bepaald, nl.

a) door de dracht R_{max} van de radar. Uit de overweging dat iedere uitgezonden impuls de maximale afstand moet kunnen afleggen (heen en terug) voordat de volgende impuls uitgezonden wordt, vindt men voor de maximale herhalingsfrequentie:

$$F_{max} = \frac{1}{\frac{4}{3} t_{max}} = \frac{3}{4} \frac{c}{2R_{max}}. \quad . . \quad (5)$$

De correctiefactor $\frac{3}{4}$ brengt bij benadering de terugslagtijd voor de tijdbasis van de katodestraalbuis in rekening.

b) door het maximale gemiddelde vermogen W_0 dat het magnetron kan leveren. Dit geeft de voorwaarde:

$$F_{max}\, \tau P_0 = W_0. \quad . . . . . \quad (6)$$

De minimale waarde van de herhalingsfrequentie wordt bepaald door de omwentelingssnelheid van de antenne en door de horizontale bundelbreedte ϑ_h. Uit de overweging dat men minstens één uitgezonden impuls per hoekverdraaiing ϑ_h van de antenne moet hebben, volgt:

$$F_{min} = \frac{2\pi}{\vartheta_h} \frac{N}{60}, \quad . . . . . \quad (7)$$

waarin N het aantal omwentelingen van de antenne per minuut is. Om op het scherm zwakke echo's toch nog goed van toevallige fluctuaties door ruis in de ontvanger te kunnen onderscheiden, maakt men de herhalingsfrequentie altijd minstens enige malen zo groot als F_{min}. In dat geval zal nl. de antenne ieder waarneembaar object met meer dan één impuls per keer aftasten.

Met behulp van formules (4) en (1) kunnen we uit het bovenstaande concluderen dat bij constante antenneafmetingen F_{max} evenredig is met $1/\lambda$, terwijl F_{min} omgekeerd evenredig is met λ. Met afnemende golflengte neemt dus F_{max} af en F_{min} toe. In de keuze van F speelt F_{min} de belangrijkste rol, omdat door het aantal impulsen per waargenomen object het minimaal detecteerbare signaal P_{min} sterk beïnvloed wordt.

Aangezien de installatie 8 GR 250 speciaal is bedoeld voor toepassing op de kleinere afstanden, waarbij men bij voorbeeld denkt aan vliegveldbeveiliging of aan rondzoekradar in havens en op nauwe vaarwateren, is men gebaat bij een grote antenneomwentelingssnelheid. Immers, op korte afstanden, van bij voorbeeld enige honderden meters, kunnen de hoeksnelheden waarmee de objecten zich verplaatsen, gezien vanaf de radarpost, groot zijn. Zowel om deze reden als ten gevolge van de kleine golflengte wordt F_{min} in ons geval vrij groot. Dit heeft geleid tot de keuze van $F = 5000$ Hz.

De informatiecapaciteit

In het bovenstaande hebben we een inzicht verkregen in de invloed van de golflengte op de eigenschappen van radar. O.a. zagen we met toenemende frequentie het scheidend vermogen en ook de dracht groter worden. We zullen nu de snelheid onderzoeken waarmee door radar informatie verzameld kan worden, de zg. informatiecapaciteit. Dit is een algemener begrip ter kenschetsing van de prestaties van een installatie dan dracht en scheidend vermogen. Met gebruikmaking van het in

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

het voorgaande besprokene zullen we komen tot een samenvattende formule voor de informatiecapaciteit, waarin we de invloed van verschillende systeemgrootheden, met name van de frequentie, kunnen nagaan.

Eerst bepalen we het aantal door de radarinstallatie waarneembare objecten (zie *fig. 5*).

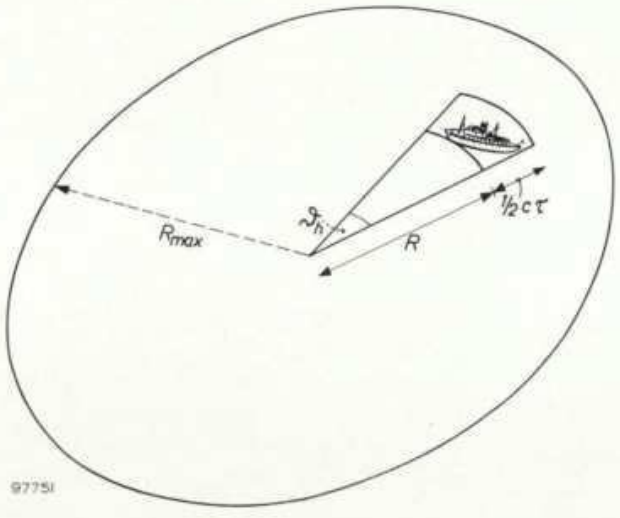


Fig. 5. Ter bepaling van het aantal door de radarinstallatie waarneembare objecten.

Hoe klein een object ook is, het zal in radiale zin niet kleiner afgebeeld kunnen worden dan $c\tau/2$ en in tangentiële zin niet kleiner dan ϑ_h. Het maximale aantal te onderkennen objecten binnen een straal gelijk aan de dracht R_{max} (gedefinieerd voor objecten met een bepaald reflecterend oppervlak σ), bedraagt dus:

$$n = \frac{2\pi}{\vartheta_h}\frac{R_{max}}{c\tau/2}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Informatietheoretisch moeten we vervolgens nagaan wat het aantal waarneembare toestanden is waartoe één object aanleiding kan geven. Een object kan, naar gelang van afstand, grootte, enz. signalen aan de ontvanger leveren die enorm in sterkte variëren. In de praktijk echter kan deze variatie vrijwel niet bij de representatie tot uiting worden gebracht (dit geldt vooral voor het panoramascherm). We kunnen derhalve eenvoudig zeggen dat het aantal waarneembare toestanden voor een object gelijk is aan twee, nl.: wel of niet aanwezig zijn, of, nauwkeuriger: wel of niet aanleiding geven tot een gereflecteerd vermogen aan de ontvanger dat het minimaal detecteerbare vermogen overtreft. Bij twee waar te nemen toestandsmogelijkheden voor elk van n te onderkennen objecten is de totale hoeveelheid informatie $I = n$ bits.

Per volledige antenneomwenteling kan de radarinstallatie dus een informatie I verwerken, die volgt uit (8). De informatiecapaciteit C geeft nu de hoeveelheid informatie die per tijdseenheid verwerkt kan worden. Is N het aantal omwentelingen van de antenne per minuut, dan is

$$C = \frac{IN}{60} = \frac{2\pi N R_{max}}{\vartheta_h \tau \times 30\, c}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Vullen we voor R_{max} de reeds genoemde formule (4) in, met $H = \sqrt{\lambda/\vartheta_h\vartheta_v}$, dan vinden we

$$C \sim \frac{N\lambda^{\frac{1}{2}} P_0^{\frac{1}{4}}}{\tau \vartheta_h^{\frac{3}{2}} \vartheta_v^{\frac{1}{2}} P_{min}^{\frac{1}{4}}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Uit deze formule willen we nu nog de twee variabelen P_{min} en τ elimineren. Het minimaal te detecteren signaal P_{min} is in eerste aanleg evenredig met de bandbreedte B van de ontvanger te stellen, en daar $B = (1 \text{ à } 2)/\tau$, is

$$P_{min} \sim \frac{1}{\tau}.$$

De impulsduur τ zal men — zoals de laatste formule voor C reeds weerspiegelt — zo klein mogelijk willen kiezen. Daar de minimale impulsduur correspondeert met een voldoende aantal hoogfrequente trillingen van het magnetron, zowel tijdens de opbouw van de impuls als gedurende de impuls zelf, ligt het voor de hand, te stellen dat de minimaal te realiseren impulsduur bij benadering evenredig is met de golflengte:

$$\tau_{min} \sim \lambda \sim \frac{1}{f}.$$

Hiermee wordt de informatiecapaciteit

$$C \sim \frac{N f^{\frac{1}{4}} P_0^{\frac{1}{4}}}{\vartheta_h^{\frac{3}{2}} \vartheta_v^{\frac{1}{2}}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

De eerste conclusie hieruit is: als we de frequentie opvoeren en de antenneafmetingen verkleinen zodanig dat we de bundelbreedte constant houden, dan neemt de informatiecapaciteit toe met de vierdemachtswortel uit de frequentie.

Voor het geval van constante antenneafmetingen, l_h en l_v, schrijven we de formule nog iets anders. We substitueren

$$\vartheta_h \sim \frac{\lambda}{l_h} \sim \frac{1}{f l_h} \quad \text{en} \quad \vartheta_v \sim \frac{\lambda}{l_v} \sim \frac{1}{f l_v}.$$

De formule voor de informatiecapaciteit wordt dan:

$$C \sim N l_h^{\frac{3}{2}} l_v^{\frac{1}{2}} f^{\frac{1}{4}} P_0^{\frac{1}{4}}. \quad \ldots\ldots \quad (12)$$

Dit levert de tweede conclusie: bij constante antenneafmetingen neemt de informatiecapaciteit toe met de macht negen vierde van de frequentie.

Men zou geneigd zijn ook te concluderen dat de informatiecapaciteit vergroot kan worden door de omwentelingssnelheid N van de antenne te vergroten. Zoals reeds bij de formules (5), (6) en (7) werd aangestipt, hoort bij een toeneming van N een toeneming van de minimaal vereiste herhalingsfrequentie F_{min}, terwijl we onder een maximale waarde F_{max} moeten blijven welke correspondeert met het maximale gemiddelde vermogen dat het magnetron kan leveren. Vergroting van C door vergroting van N is dus maar binnen zeer beperkte grenzen mogelijk. Tevens moeten we in de laatste formule bedenken dat een verhoging van de frequentie wegens (1) tot een smallere antennebundel aanleiding geeft, zodat we dan wegens (7) de herhalingsfrequentie ook moeten vergroten.

Keuze van de golflengte in verband met atmosferische omstandigheden

Niet iedere golflengte in het mm-gebied is geschikt om voor radar te worden gebruikt. In dit gebied is nl. de verzwakking ten gevolge van absorptie door de atmosfeer veel groter dan in het cm-gebied. Als men dit nader onderzoekt, blijkt het dat men te maken heeft met verschillende oorzaken, nl. absorptie door zuurstof en waterdamp, en verzwakking door waterdruppels in de vorm van regen, mist, wolken e.d.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Wat betreft de eerstgenoemde oorzaken: zuurstof blijkt aanleiding te geven tot twee absorptiemaxima, nl. bij de golflengten $\lambda = 5$ mm en 2,5 mm; waterdamp blijkt bij verscheidene golflengten absorptiemaxima te vertonen, gelegen in het mm-gebied en bij nog kortere golven. Van belang voor ons zijn de absorptiemaxima bij $\lambda = 13{,}4$ mm en $\lambda = 1{,}64$ mm. Dit volgt uit onderzoekingen van J. H. van Vleck [4]), die het mechanisme van de verzwakking naging en de numerieke waarden als functie van de golflengte berekende. De krommen in *fig. 6* geven de verzwakking die radiogolven in de atmosfeer ondervinden door de zuurstof en de waterdamp als functie van de golflengte. De waarden zijn berekend voor een druk van 76 cm Hg en een temperatuur van 20 °C. De relatieve vochtigheid van de waterdamp is 100% genomen. (Bij kleinere vochtigheidsgraad is de verzwakking natuurlijk minder.)

In een atmosfeer met waterdruppels in de vorm van regen, mist en dergelijke, heeft men te maken met twee oorzaken van verzwakking: a) de energie wordt verstrooid uit de bundel, b) de energie wordt geabsorbeerd en omgezet in warmte (diëlektrische verliezen). In geval van druppels met zeer kleine diameter (mist, wolken) hebben we voornamelijk te maken met absorptie en niet met verstrooiing. De verzwakking is dan evenredig met de hoeveelheid water per m³. De verzwakking ten gevolge van deze oorzaken is berekend door J. W. Ryde en D. Ryde [4]). In *fig. 7* zijn de verzwakkingscurven voor verschillende graden van mist en regen uitgezet als functie van de golflengte.

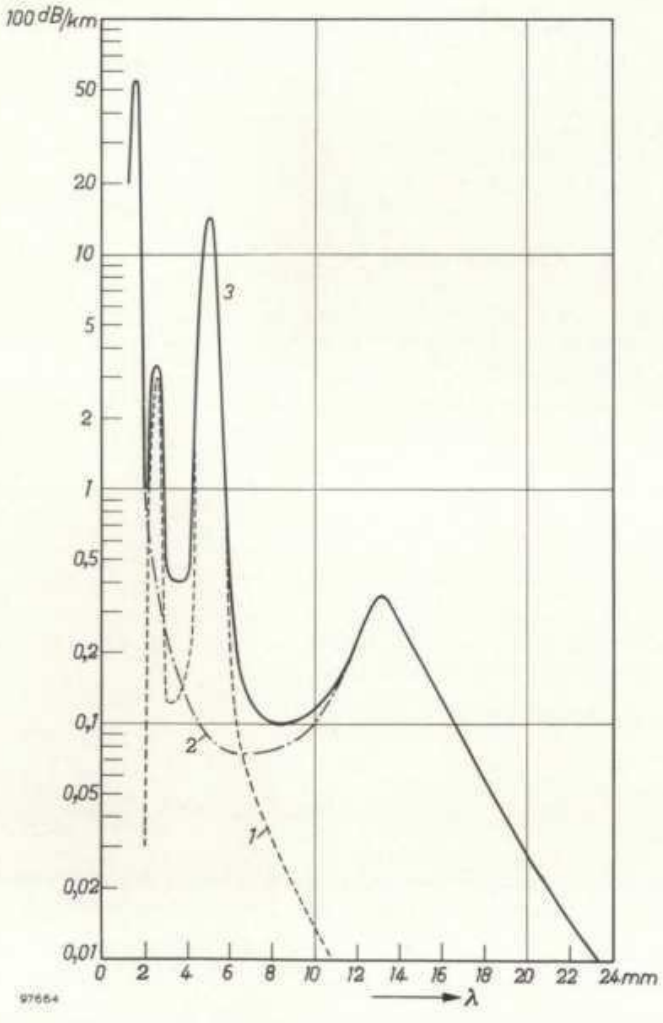


Fig. 6. Verzwakking van radiogolven door zuurstof en waterdamp in de atmosfeer, als functie van de golflengte. *1* = zuurstof, *2* = waterdamp, *3* = totale verzwakking (som van *1* en *2*).

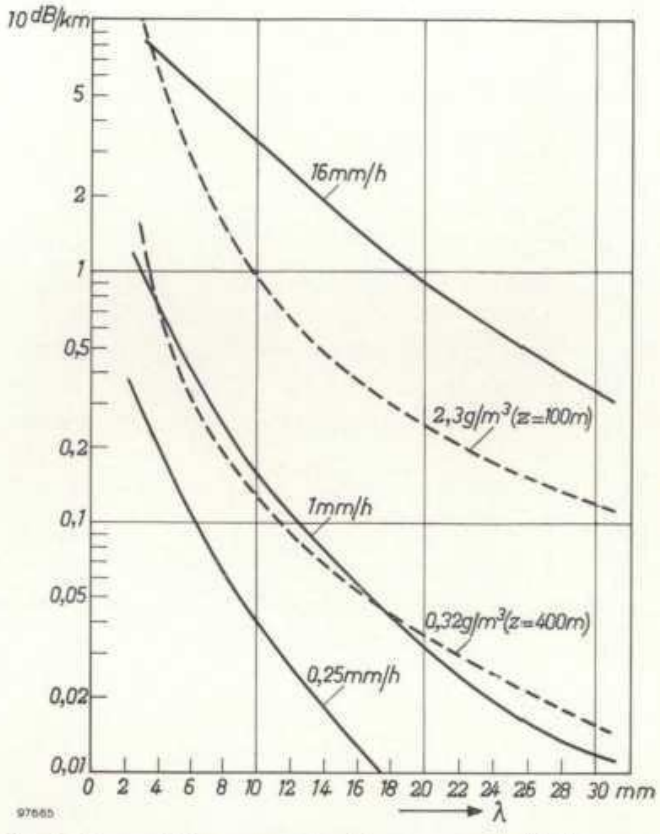


Fig. 7. Verzwakking van radiogolven, veroorzaakt door verschillende graden van regen (getrokken krommen, resp. overeenkomende met zware regen, lichte regen en motregen) en mist (gestippelde krommen, met vermelding van het aantal grammen water per m³ en het zicht *z*), als functie van de golflengte.

De curve *3* in fig. 6, die de totale verzwakking aangeeft zónder waterdruppels, blijkt een minimum te bezitten bij een golflengte van 8,2 mm. Maar aangezien men onze radarapparatuur juist ook bij regen en mist wil gebruiken, moeten we de hierdoor veroorzaakte verzwakking mede in rekening brengen, waardoor het minimum verschuift naar $\lambda = 8{,}6$ mm.

Dat de minimale verzwakking per km groter is dan in het cm-gebied (b.v. 3 cm), is geen ernstig bezwaar, omdat de 8 mm-radarinstallatie toch bedoeld is voor korte afstanden, waar de totale verzwakking nog gering is.

[4]) Zie o.a. D. E. Kerr, Propagation of short radio waves, Radiation Laboratory Series, no. 13, McGraw-Hill, New York 1951, hoofdstuk 8.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Beschrijving van de 8 mm-radarinstallatie Philips 8 GR 250

Fig. 8 geeft een overzicht van de bouw van de radarinstallatie. Bovenaan bevindt zich de waterdichte kast (*TMR*) welke de zender, de ontvanger en de modulator met stuurtrap bevat. Op de kast staan de antenneaandrijving en de antennes; deze laatste kunnen 40 omwentelingen per minuut maken. Zoals ook reeds in fig. 1 aangegeven is, zijn in de 8 GR 250 twee afzonderlijke antennes gebruikt voor de zender en de ontvanger. Bij radar in het algemeen, en ook bij 3 cm-radar [5]), is deze werkwijze niet gebruikelijk. Daar heeft men één antenne, waaraan zender èn ontvanger via een zg. duplexer gekoppeld zijn (zie *fig. 9*). Zo'n duplexer bestaat uit twee met gas gevulde buisjes die in een bepaalde golfgeleiderschakeling gemonteerd zijn. Deze openen het zendkanaal en sluiten het ontvangkanaal tijdens de zendimpuls, en doen het omgekeerde in de periode tussen twee zendimpulsen. De uitdooftijd van deze gasbuisjes is echter zo groot dat men objecten op de eerste tientallen meters afstand van de radarpost niet kan waarnemen, doordat het ontvangkanaal bij aankomst van zulke vroege reflexies nog niet geopend is. Dit is natuurlijk voor korteafstandsradar zeer ongewenst.

De antennes zijn twee parabolische reflectoren van het „kaas"-type. Door de ontvang- en de zendantenne op een zekere afstand van elkaar te plaatsen, kan men het overspreken tussen deze beide gering maken. Het gevolg is dat met betrekkelijk weinig moeite de minimumafstand waarop men nog wat ziet, zeer klein gemaakt kon worden: men ziet op het scherm zelfs de voedende golfgeleider voor de bovenste antenne (die ter wille van het vrij roteren der antennes onvermijdelijk in de bundel komt te staan).

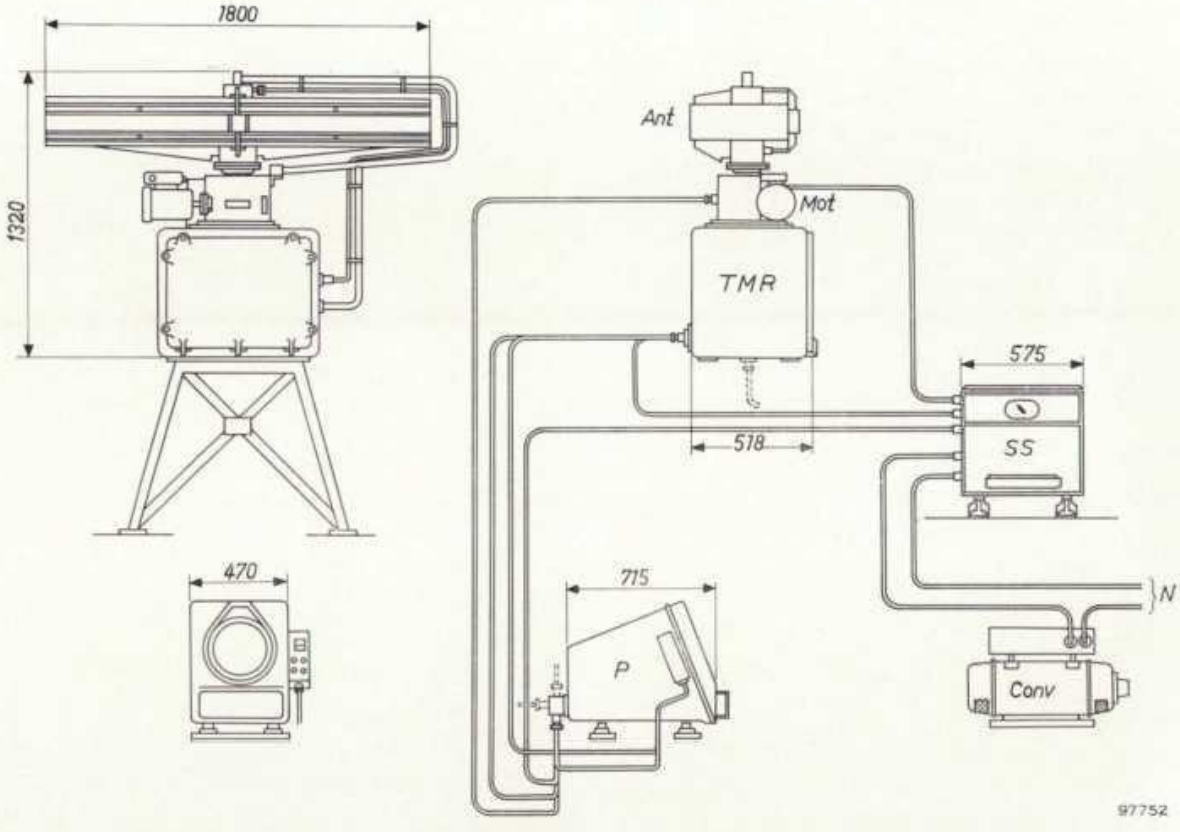


Fig. 8. Overzicht van de samenstelling van de 8 mm-radarinstallatie Philips 8 GR 250. *TMR* waterdichte kast met zender, modulator en ontvanger. Bovenop de kast de twee antennes *Ant* met motor *Mot*. *P* indicator met panoramascherm. *SS* kast waarin de voedingsapparaten en de generator voor de synchronisatie-impulsen. *Conv* omzetter voor 120 V, 400 Hz. *N* netaansluitingen.
De delen *TMR* en *P* zijn links in vooraanzicht weergegeven.

Links onder in fig. 8 is de indicator (*P*) getekend, welke bestaat uit de katodestraalbuis met panoramascherm, de bijbehorende voedingsapparatuur, en het bedieningspaneel, waarmee men o.a. de straal van het gebied dat op het scherm afgebeeld kan worden, stapsgewijs kan instellen. De waarden voor de straal zijn in onderstaande tabel vermeld; zij zijn verschillend voor de aan het begin van dit artikel vermelde twee uitvoeringen, resp. bestemd voor plaatsing op schepen en voor gebruik op vliegvelden.

[5]) Zie b.v. Philips techn. T. **20**, 361, 1958 (no. 12).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Aan de rechterkant ziet men in fig. 8 de voedingskast (*SS*), waarin ook de generator van de synchronisatie-impulsen is opgenomen, welke de impulsherhalingsfrequentie van 5000 Hz bepaalt. Daaronder ten slotte de omzetter (*Conv*), welke de voedingsspanning levert (120 V, 400 Hz).

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste gegevens van de gehele installatie samengevat.

Ten aanzien van de herhalingsfrequentie van 5000 Hz kan nog het volgende opgemerkt worden. Als we de desbetreffende waarden uit onderstaande tabel in formule (7) invullen, vinden we voor de minimale herhalingsfrequentie $F_{min} = 800$ Hz. Dit betekent dus dat ieder object met ongeveer 6 impulsen per keer afgetast wordt, wat een redelijk aantal is om een gunstige signaal-ruisverhouding te krijgen. Het maximale gemiddelde vermogen dat het magnetron kan leveren, bedraagt 7,5 watt; hieruit volgt met behulp van formule (6) de maximale herhalingsfrequentie $F_{max} = 15\,000$ Hz. De herhalingsfrequentie van 5000 Hz is hier dus nog voldoende ver beneden.

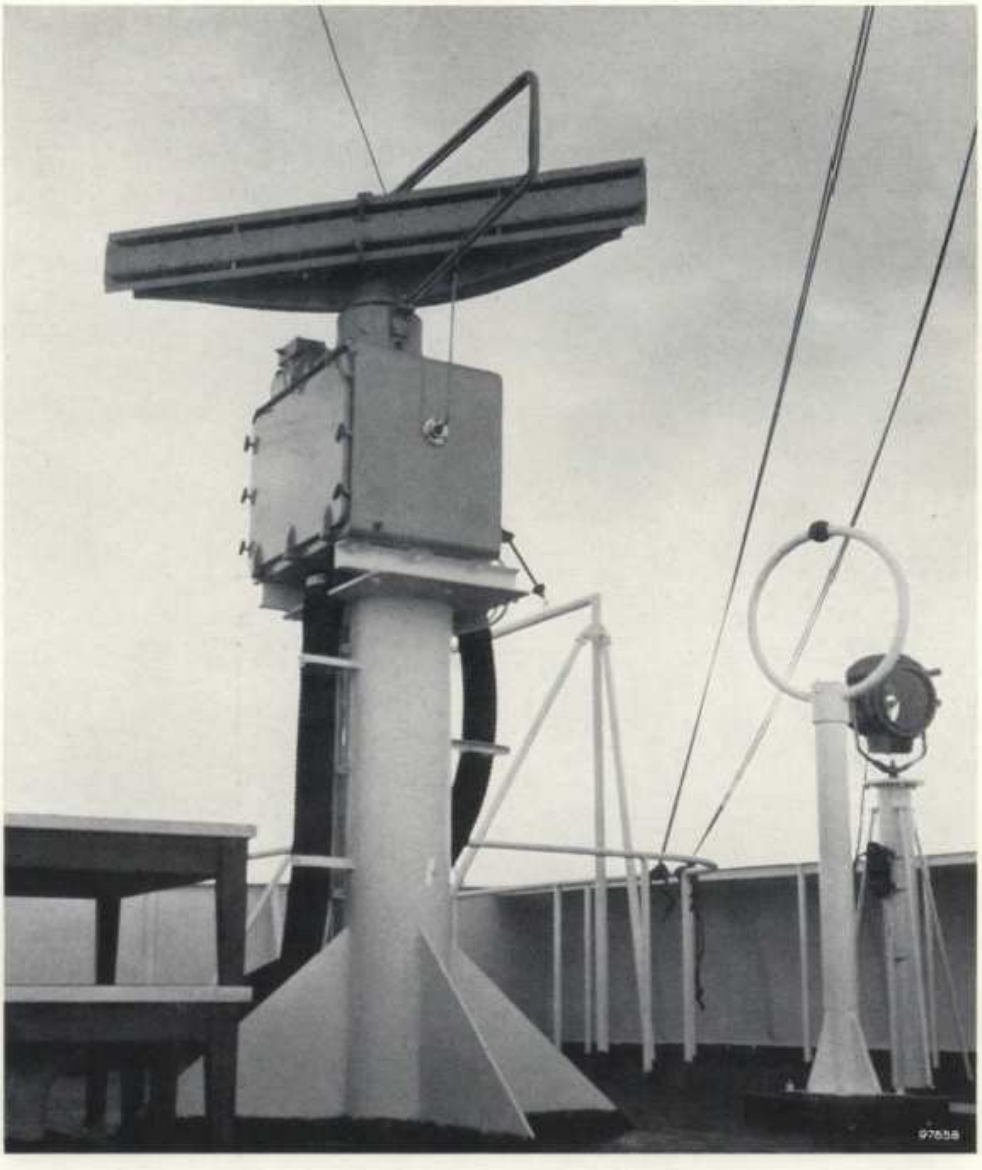


Fig. 10. Zenderkast met antennes.

is geïnstalleerd op het bovendek van een schip. Bovenop de kast ziet men de antennes; duidelijk zijn de spleten van zend- en ontvangantenne zichtbaar. De laatste is de bovenste van deze twee.

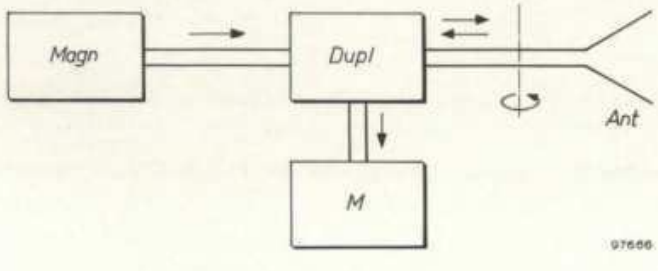


Fig. 9. Golfgeleidercircuit met duplexer *Dupl*, zoals gebruikt bij een 3 cm-radarinstallatie met één antenne voor zenden en ontvangen. *Magn* = magnetron, *M* = mengtrap van de ontvanger.

Fig. 10 is een foto van de waterdichte kast die de zender, ontvanger en modulator bevat. Het geheel

Frequentieband	34 512 - 35 208 MHz
Impulsduur	0,02 µsec
Impulspiekvermogen	25 kW
Impulsherhalingsfrequentie	5000 Hz
Middenfrequentie	90 MHz
Middenfrequentie bandbreedte	50 MHz
Bundelbreedte antenne horizontaal	0,3°
Bundelbreedte antenne verticaal	17°
Omwentelingssnelheid antenne	40 omw/min
Panoramascherm	30 cm diameter
Straal van het gebied dat wordt afgebeeld op het scherm:	
van de A.S.M.I., 8 GR 250/00	0,5 - 1 - 1,5 - 3 - 5 - 10 km
van de „ship-shape" 8 GR 250/01	0,3 - 0,5 - 1 - 2 - 3 - 5 zeemijlen
Voedingsspanning en frequentie	120 V, 400 Hz

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Enkele bijzonderheden van de toegepaste schakelingen

De modulator

Het in de installatie gebruikte Philips magnetron [6]) 7093 wordt gemoduleerd met spanningsimpulsen van ongeveer 15 kV, terwijl het magnetron dan een piekstroom trekt van ongeveer 12 A. Bij het ontwerp van de modulator is gestreefd naar een zo gunstig mogelijk rendement. Aan de hand van het principeschema in *fig. 11* zullen we de werking bespreken.

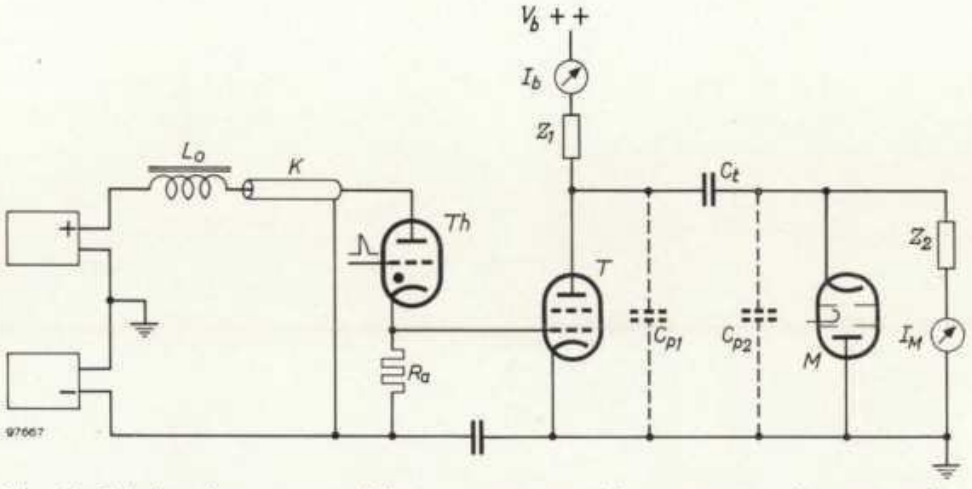


Fig. 11. Principeschema van modulator en stuurtrap. M = magnetron, C_t = reservoircondensator, T = tetrode die als kortsluitschakelaar dienst doet, Th = thyratron dat op de gewenste tijdstippen de weerstand R_a aansluit op de coaxiale lijn K, die de impuls vormt. L_0 = opslingersmoorspoel, Z_2 = scheidingsimpedantie voor de gloeistroomvoeding van het magnetron. C_{p1} en C_{p2} = parasitaire capaciteiten, die verantwoordelijk zijn voor een groot deel van de dissipatie.

De verschillende „handelingen" die we moeten onderscheiden, zijn: 1) we moeten rechthoekige impulsen van de juiste vorm en duur hebben, 2) deze moeten van hoge spanning en grote energie zijn, 3) de energie moet opgeslagen worden in een reservoir, dat in het tijdsverloop tussen twee impulsen weer bijgeladen moet worden. In de hier gebruikte schakeling zijn deze taken verdeeld over twee circuits: de stuurtrap, welke de impulsen maakt, en de eigenlijke modulator, die deze omzet in impulsen van hoge spanning en groot vermogen.

Zoals bekend, kan men een goede rechthoekige impuls verkrijgen door een transmissielijn van bepaalde lengte, die tot een zekere spanning geladen is, te ontladen in een weerstand. Uit de elementaire theorie der transmissielijnen volgt dat men dan, bij een verliesvrije lijn die afgesloten is met zijn karakteristieke impedantie, gedurende zekere tijd (afhankelijk van de lengte van de lijn) een constante stroom door deze weerstand krijgt. Op deze wijze worden de impulsen in de stuurtrap gemaakt (zie fig. 11). K is de transmissielijn, in dit geval een gewone coaxiale kabel. Dit laatste is mogelijk omdat de impulsduur zo kort is. Was deze langer, dan zou de kabel zeer lang moeten worden, en in dat geval gebruikt men liever een zg. kunstkabel, met een kleinere voortplantingssnelheid voor de elektromagnetische golven.

Het thyratron Th is de schakelaar die de lijn K verbindt met de weerstand R_a waarover de spanningsimpulsen verschijnen. Tussen twee impulsen in wordt K weer geladen via de laadsmoorspoel L_0, die zorgt dat dit in een geleidelijk tempo gaat. Op het juiste moment verschijnt op het rooster van thyratron Th een startsignaal. Dit komt uit de synchronisatie-impulsgenerator (zie fig. 1), die de herhalingsfrequentie vastlegt. Het thyratron gaat geleiden en de elektrische lading die in K opgeslagen was, vloeit naar R_a. Deze spanningsimpuls komt op het stuurrooster van de impulstetrode T van de modulator, waardoor in deze buis een grote stroom gaat vloeien en de anodespanning ongeveer 15 kV zakt, tot een restspanning E_r over de buis. Deze negatieve spanningsimpuls wordt via de condensator C_t op de katode van het magnetron M gezet, waardoor dit gaat genereren. Aangezien T tussen de magnetronimpulsen niet geleidend mag zijn, is de voeding van de stuurtrap zo uitgevoerd dat het stuurrooster van T altijd op een negatief niveau staat ingesteld. Uit fig. 11 is dit direct in te zien door te bedenken dat het thyratron op dat moment ook niet geleidt. In verband met diverse beveiligingen bleek het noodzakelijk het voedingsapparaat in twee delen te splitsen, zoals aangegeven in de figuur.

De modulatortrap, welke in principe van een conventionele bouw is, heeft als bijzonder kenmerk, dat de parasitaire capaciteiten zo gering mogelijk gehouden zijn. De verliezen in de modulator treden nl. op in de tetrode T en bij het telkens weer laden en ontladen van de parasitaire capaciteiten C_{p1}, C_{p2}. Bij het laden van een condensator van V_1 tot V_2 gaat in de laadweerstand een energie verloren van $\frac{1}{2}C(V_2 - V_1)^2$, terwijl een energie $\frac{1}{2}C(V_2^2 - V_1^2)$ in

[6]) Dit magnetron is beschreven in: J. Verweel en G. H. Plantinga, Een serie impulsmagnetrons met L-katode voor centimeter- en millimetergolven, Philips techn. T. **21**, 1-10, 1959 (no. 1).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de condensator opgeslagen wordt, die dus bij ontladen ook verloren gaat. Doordat de impulsduur zo klein is (0,02 μsec), spelen deze laatste verliezen een grote rol. We zullen dit nader toelichten, maar we completeren eerst de beschrijving van de schakeling in fig. 11.

De impedantie Z_1 bestaat uit een spoel en een weerstand in serie; deze impedantie is bestemd om het hoogspanningsvoedingsapparaat (++) tegen kortsluiting te beschermen tijdens de impuls en fungeert tevens als laadweerstand van C_t. Deze condensator is het reeds genoemde reservoir, waaruit tijdens de impuls de stroom voor het magnetron geleverd moet worden. Hij dient een dusdanige minimale waarde te bezitten dat aan het eind van de impuls de spanning over C_t slechts enkele procenten gezakt is, ondanks de grote stroom die het magnetron getrokken heeft. Een vergroting van C_t boven deze minimale waarde maakt dat ook zijn capaciteit ten opzichte van aarde groter wordt. Deze aardcapaciteit draagt gedeeltelijk bij tot de parasitaire capaciteit C_{p1}, waarin verder de uitgangscapaciteit van T en de bedradingscapaciteit verdisconteerd zijn, en gedeeltelijk tot de parasitaire capaciteit C_{p2}, welke verder de ingangscapaciteit van het magnetron en de bedradings- en aardcapaciteit van Z_2 bevat. De impedantie Z_2 bevat een spoel en een laadweerstand, welke de magnetronzijde van C_t nà de impuls weer op aardpotentiaal moeten brengen; de spoel is een blokkeringsimpedantie in de gloeidraadtoevoerleidingen van het magnetron en moet verhinderen dat de spanningsimpuls via deze leidingen en de aardcapaciteit van de gloeistroomtransformator weglekt. Voor de gloeistroom heeft deze keten nagenoeg geen impedantie.

We zullen nu de invloed van de parasitaire capaciteiten C_{p1} en C_{p2} nader analyseren en het rendement berekenen. Uitgegaan wordt van de rusttoestand van de modulator. De hoogspanning V_b staat op de anode van T en op één zijde van C_t en C_{p1}. Beide zijden van het magnetron M en van C_{p2} en Z_2 bevinden zich op aardpotentiaal. De tetrode T is in afgeknepen toestand. Op het moment dat de tetrode T geleidend geworden is, gaat C_{p1} zich ontladen over T, totdat de spanning gezakt is tot E_r, zijnde de restspanning over T. In ditzelfde tijdsverloop neemt de spanning over M toe tot $-(V_b - E_r)$, wat ook geldt voor C_{p2}. De lading die C_{p2} hierbij verkrijgt, is afgestaan door C_t. Tijdens de magnetronimpuls raken C_t en C_{p2} een gedeelte van hun lading kwijt aan het magnetron. Dit gedeelte is zeer gering, zoals reeds eerder is opgemerkt. Bij benadering blijft dus de spanning over M en C_{p2} tijdens de impuls gelijk aan $-(V_b - E_r)$. Nà de magnetronimpuls worden C_t en C_{p2} respectievelijk geladen en ontladen. Uit het bovenstaande volgt dat de potentiaal van C_{p1} afwisselend V_b (tussen de impulsen) en E_r (tijdens elke impuls) bedraagt. Voor C_{p2} gelden hiervoor respectievelijk de waarden 0 en $-(V_b - E_r)$, als we hier afzien van de onbelangrijke rol die C_{p2} als reservoir-condensator tijdens de magnetronimpuls speelt. We zeiden in het voorgaande reeds dat dit laden en ontladen van condensatoren een bepaalde hoeveelheid energie kost. Voor C_{p1} geldt nu dat de hoogspanningsvoeding van impuls tot impuls $C_{p1}V_b(V_b - E_r)$ hieraan afgeeft, hetgeen als zuiver verlies moet worden beschouwd. Aan C_{p2} wordt in dezelfde periode geleverd $C_{p2}(V_b - E_r)^2$. Hieruit volgt, dat men bij benadering C_{p1} en C_{p2} samen als één capaciteit C_p mag beschouwen. Het rendement van de modulator wordt nu gegeven door het quotiënt van de in het magnetron bij één impuls opgenomen energie, en de totale, tijdens de impuls èn tussen twee impulsen gedissipeerde energie:

$$\eta \approx \frac{(V_b - E_r)I_{tm}\tau}{C_p V_b(V_b - E_r) + E_r I_{tm}\tau + (V_b - E_r)I_{tm}\tau}, \quad (13)$$

waarin I_{tm} = piekstroom van het magnetron, τ = impulsduur en dus $E_r I_{tm}\tau$ = verlies in de modulatorbuis T. Substitueren we de volgende waarden: $V_b = 16{,}5$ kV, $E_r = 1{,}5$ kV, $\tau = 0{,}02$ μsec, $C_p = 23$ pF, $I_{tm} = 12$ A, dan vinden we $\eta = 40\%$. De energiebalans is:

dissipatie in het magnetron 3,6 mJ,
dissipatie in de tetrode 0,36 mJ,
verlies door de parasitaire capaciteiten 5,7 mJ.

Hieruit zien we welke relatief belangrijke rol de parasitaire capaciteiten spelen. Dit is uitsluitend te wijten aan de korte impulsduur τ.

Een controle op het rendement kan men tijdens de werking van de apparatuur verkrijgen door de meteraanwijzingen voor de gemiddelde magnetronstroom I_M en de gemiddelde stroom die de hoogspanning levert, I_b.

Impulscorrigerende schakeling

De echo-impuls die door de antenne ontvangen wordt, kan wel eens een deformatie ondergaan ten gevolge van de reflexie, waardoor een verlenging van de impuls ontstaat, d.w.z. de impulsen krijgen een „staart". (Naarmate de lengte van het golftreintje van de magnetronimpuls kleiner is ten opzichte van het reflecterende object, mag men verwachten dat het gevaar van staartvorming groter is.) Dit is natuurlijk niet gewenst, daar het scheidend

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

vermogen van de radarinstallatie dan vermindert. Daarom is bij de 8 GR 250 een impulscorrigerende schakeling toegepast, die in werking gesteld kan worden wanneer dat nodig is. De correctie wordt verkregen door aan de impuls, met staart, toe te voegen een impuls van gelijke vorm doch zoveel vertraagd als overeenkomt met de impulsduur τ, bovendien in tegenfaze en met een amplitude die even groot is als de staart; zie *fig. 12*. Het resultaat is een impuls waarvan de staart grotendeels geëlimineerd is.

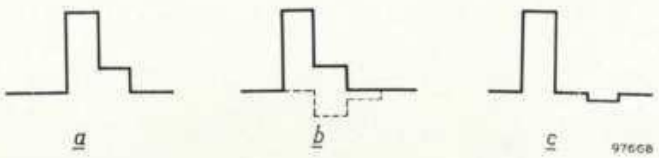


Fig. 12. *a*) Echo-impuls met staart.
b) Vertraagde en omgekeerde impuls, die aan (*a*) wordt toegevoegd.
c) Resultaat van de correctie.

De beschreven correctie wordt bewerkstelligd met behulp van een vierpool als aangegeven in *fig. 13*. (Zo nodig kan de procedure met soortgelijke vierpolen worden herhaald.) De vierpool is geplaatst in de coaxiale videoleiding, waarvan de karakteristieke impedantie ζ is. De vierpool is samengesteld uit een serie- en een parallelweerstand van de grootte ζ. Parallel aan ieder van deze twee weerstanden is weer een (coaxiale) leiding met een karakteristieke impedantie ζ en een elektrische lengte $l = c\tau/2$ aangebracht, die respectievelijk afgesloten zijn met weerstanden $R' = \zeta^2/R$ en R. Het blijkt dat, als men een willekeurige spanning $U_1(t)$ aan de ingangsklemmen toevoert, we voor de uitgangsspanning $U_2(t)$ kunnen schrijven:

$$U_2(t) = \tfrac{1}{2}\{U_1(t) + kU_1(t-\tau)\}, \quad . \quad (14)$$

waarin $k = (R-\zeta)/(R+\zeta)$. Door geschikte keuze van k, d.w.z. van R, kan men verkrijgen dat het in

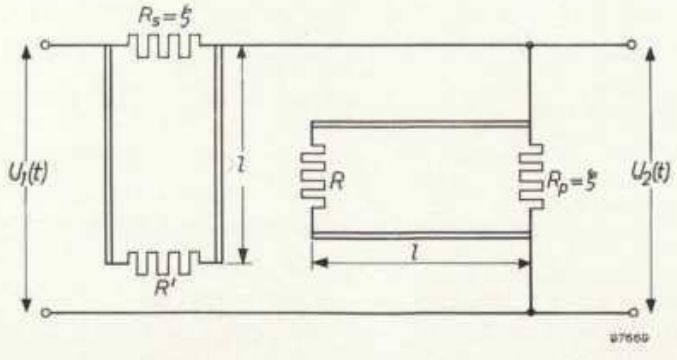


Fig. 13. Impulscorrigerend netwerk. Parallel met de serieweerstand R_s is een coaxiale lijn van lengte l en afgesloten met R', evenzo is met R_p parallel een coaxiale lijn van lengte l, afgesloten met R.

Fig. 14. Radarbeeld van het havengebied van Londen (oostzijde), opgenomen met de 8 GR 250, scherm ingesteld op $^1/_2$ zeemijl diameter.

fig. 12 geschetste verschijnsel optreedt, want de formule geeft aan dat we aan de oorspronkelijke impuls een vertraagde impuls van het gewenste teken toevoegen.

De hier gegeven formule kan met behulp van de theorie der lange leidingen op eenvoudige wijze afgeleid worden. Hierbij verwaarlozen we de verliezen van de leidingen. De ingangsimpedantie bedraagt ζ. Stel verder dat aan de ingang aanwezig is een spanning $U = U_1 e^{j\omega t}$. De spanning aan de uitgang wordt dan:

$$U_2 = U_1\, e^{j\omega t}\, \frac{Z}{Z+\zeta},$$

waarin

$$Z = \zeta\, \frac{R + j\zeta \operatorname{tg} \alpha l}{\zeta + jR \operatorname{tg} \alpha l}$$

en $\alpha = \omega/c$, $\alpha l = \omega l/c = \omega\tau/2$.

De vorm $Z/(Z+\zeta)$ kan langs elementaire weg herleid worden tot

$$\frac{Z}{Z+\zeta} = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{R-\zeta}{R+\zeta}\, e^{-j2\alpha l}\right).$$

Stel $(R-\zeta)/(R+\zeta) = k$, wat zowel positief als negatief kan zijn, dan wordt:

$$U_2 = \frac{1}{2}\left(U_1\, e^{j\omega t} + kU_1\, e^{j\omega(t-\tau)}\right).$$

Indien dus aan de ingangsklemmen een sinusvormige spanning wordt gelegd, verkrijgen we aan de uitgangsklemmen de halve som van de ingangsspanning U, vermeerderd met een fractie k van U die een tijd τ (de impulsduur) vertraagd is, en wel onafhankelijk van de hoekfrequentie ω. Voor een willekeurige spanning $U_1(t)$ zal dus elke Fourier-component uit zijn spectrum dezelfde vertraging ondergaan, en we krijgen formule (14).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 15. Radarbeeld van het platform van Schiphol, opgenomen met de 8 GR 250, scherm ingesteld op $^1/_2$ km diameter.

Fig. 16. Radarbeeld van de Straat van Messina, opgenomen met de 2 GR 250, scherm ingesteld op ca. 5 km diameter.

Resultaten bij het gebruik van de 8 mm-radarinstallatie

De installatie 8 GR 250 is onder verschillende omstandigheden en op vele verschillende plaatsen beproefd. Enkele van de resultaten zijn hier door foto's van het radarscherm geïllustreerd.

Fig. 2 en fig. 3 zijn respectievelijk de landkaart en het radarbeeld van de sluizen van IJmuiden. Duidelijk zijn op het radarscherm de geopende sluisdeuren en andere details van de Noordersluis waarneembaar [7]).

Fig. 14 geeft een opname weer van de Theems bij het havengebied aan de oostzijde van Londen. Het door het scherm bestreken gebied heeft hier een straal van ca. 900 meter. Ook hier komt het grote scheidend vermogen duidelijk naar voren; men zie b.v. de aanlegsteigers met boten op het rechtergedeelte van de foto. Ook de vorm van het m.s. Amstelstroom, waarop de radarinstallatie zich bevond, is duidelijk zichtbaar.

Fig. 15 toont een radarbeeld van het platform van Schiphol (straal van het bestreken gebied 500 m). Duidelijk zijn hier de vormen van enige vliegtuigen te onderscheiden. Bovendien is een schip in de Ringvaart zichtbaar.

Fig. 16 ten slotte werd verkregen aan boord van een schip bij het varen door de Straat van Messina. Uit deze opname blijkt dat ondanks de verzwakking van de 8 mm-golven in de atmosfeer ook een groter gebied (i.c. straal $\approx$ 5 km) zeer goed weergegeven kan worden.

[7]) Het is instructief dit te vergelijken met een radarbeeld van IJmuiden verkregen met $\lambda = 3$ cm, dat is afgedrukt in Philips techn. T. **14**, 49, 1952.

Samenvatting. Gebruikt men radar op zeer korte afstanden, bij voorbeeld in havens, dan is het zeer gewenst dat men van de vele waarneembare objecten ook de vorm enigszins kan onderscheiden. Dat betekent dat de radarinstallatie een goed scheidend vermogen moet hebben. Dit kan worden verkregen door de te gebruiken golflengte zo klein mogelijk te kiezen, aangezien dan een zeer korte impulsduur en een zeer kleine openingshoek van de antennebundel gerealiseerd kunnen worden. De hier beschreven radarinstallatie Philips 8 GR 250 werkt met een golflengte van 8,6 mm. Deze golflengte valt in een gebied van minimale atmosferische verzwakking voor radargolven in het gebied der mm-golven. In enkele theoretische beschouwingen wordt in het algemeen onderzocht wat de invloed van de golflengte is op de eigenschappen van radar, zoals scheidend vermogen, dracht en informatiecapaciteit. Door juiste keuze van verschillende grootheden, zoals de antenneafmetingen (horizontale bundelbreedte 0,3°), de impulsduur (0,02 μsec) enz., komt men tot een ontwerp waarbij het radiale en tangentiële scheidend vermogen, en dat van het panoramascherm, zo goed mogelijk bij elkaar aangepast zijn. De smalle antennebundel leidt tot het gebruik van een hoge impulsherhalingsfrequentie. Bij het ontwerp van de modulator moest speciale aandacht besteed worden aan het zo klein mogelijk houden van de parasitaire capaciteiten, omdat deze ten gevolge van de korte impulsduur aanleiding geven tot relatief grote verliezen, vergeleken met het door het magnetron opgenomen vermogen. Om onder alle omstandigheden een goede vorm van de impuls te verkrijgen, is in het videogedeelte een impulscorrigerend netwerk opgenomen. Enkele foto's van beelden op het panoramascherm illustreren de resultaten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

MODERNE GELUIDSTECHNIEK

II. ELEKTRO-AKOESTISCHE VOORZIENINGEN IN GROTE THEATERS

door D. KLEIS.

534.84:534.86:621.395.623.8

In deel I van dit artikel is een overzicht gegeven van de elektro-akoestische middelen die tegenwoordig ter beschikking staan. Ook zijn daar de grondslagen behandeld volgens welke deze middelen worden toegepast ter verbetering van de verstaanbaarheid van het gesproken woord en van de ruimtelijkheid van muziek in zalen met onbevredigende akoestiek. Eveneens zijn elektro-akoestische inrichtingen ter sprake gekomen waarmee men de akoestiek van een zaal beheerst. Zulke installaties hebben de laatste jaren hun intrede gedaan in enige grote schouwburgen en operagebouwen, zoals het Palais de Chaillot in Parijs en het Teatro alla Scala in Milaan. Deze installaties en nog enige andere worden besproken in het nu volgende deel II. Daarbij zal blijken dat er in dergelijke theaters, behalve inrichtingen ter beheersing van de akoestiek, nog velerlei andere elektro-akoestische voorzieningen nodig zijn en dat ook interne televisieverbindingen goede diensten kunnen bewijzen.

Inleiding

De moderne geluidstechniek streeft naar een natuurlijke geluidsweergave. Daarbij moeten de eigenschappen van het gehoor en de akoestische eigenschappen van zalen mede in de beschouwingen worden betrokken. In deel I van dit artikel [1]) zijn de grondslagen voor het toepassen van elektro-akoestische middelen behandeld en een aantal voorwaarden afgeleid waaraan moet zijn voldaan om tot een natuurlijke weergave te komen.

Als één van de essentiële elementen is daarbij naar voren gekomen dat het directe en het indirecte geluid verschillende functies hebben: het directe geluid geeft een indruk van de geluidsbronnen en hun ruimtelijke opstelling, het indirecte geluid geeft een indruk van de zaal. Als kenmerk van inrichtingen voor het beheersen van de akoestiek werd genoemd het gescheiden opwekken van direct en indirect geluid, met de voor ieder bij het doel aangepaste sterkte en ruimtelijke verdeling. De middelen daartoe zijn: bundelende, vaak stereofonisch werkende, luidsprekers voor het directe geluid, en een vertragings- en nagalminrichting met verdeeld opgestelde, diffuus stralende luidsprekers voor het indirecte geluid. In deel I is verder besproken hoe deze techniek kan worden toegepast, a) voor het verkrijgen van de best mogelijke weergave van spraak en muziek in zalen en in de open lucht, b) voor het ondersteunen van een echte uitvoering door elektro-akoestische aanpassing van de akoestiek bij de aard van de uitvoering, en c) voor het toevoegen van geluidseffecten. Daarbij zijn ook enige algemene gezichtspunten betreffende de opstelling van de microfoons ter sprake gekomen.

In deel II zullen wij eerst de akoestische problemen van theaters in het algemeen beschouwen, vervolgens de elektro-akoestische faciliteiten nagaan waaraan in theaters behoefte bestaat, en daarna enige grote installaties [2]) bespreken, die in de volgende gebouwen zijn geplaatst:

Teatro alla Scala in Milaan,
Théâtre National Populaire (Palais de Chaillot) in Parijs,
Groot Auditorium van de Expo '58 in Brussel,
Gebouw voor Kunsten en Wetenschappen in Den Haag.

Als voorbeeld van een grote toespreekinstallatie zal tot slot die van de „Volkswagen" fabriek te Wolfsburg worden besproken [3]).

Akoestische problemen in theaters, en hun oplossing

In deel I hebben we gezien dat spraak en verschillende soorten muziek tegenstrijdige eisen stellen aan de akoestiek van een zaal. Dit zou geen moeilijkheden opleveren als men voor iedere soort uitvoering de beschikking had over een zaal met de voor die uitvoering passende akoestiek. Helaas echter is dit zelfs in grote steden niet het geval, of, indien zulke zalen wel ter beschikking staan, hebben ze niet de technische uitrusting die een uitvoering voor een groot aantal bezoekers nu eenmaal vereist. Het is dus onvermijdelijk dat een

[1]) D. Kleis, Moderne geluidstechniek, I. Algemene grondslagen, Philips techn. T. **20**, 263-281, 1958 (no. 9).

[2]) Deze installaties zijn met advies van het Akoestisch Adviesbureau tot stand gebracht door het Projectenbureau van de Hoofdindustriegroep Elektro-akoestiek te Eindhoven, in samenwerking met de Philipsorganisatie in het betrokken land en met technici van de Commerciële Afdeling Elektro-akoestiek te Eindhoven.

[3]) Tot stand gebracht door de Deutsche Philips G.m.b.H.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zelfde zaal dienst moet doen voor uitvoeringen en bijeenkomsten van sterk uiteenlopende aard: symfonieconcerten, kamermuziek, opera, toneel, vergaderingen, enz. De akoestiek nog daargelaten, is een concertzaal, bij gebrek aan coulissen, rekwisietenruimte, belichtingsinstallatie, kleedkamers, enz., niet geschikt voor toneel en opera. Er is echter technisch niets tegen om in een goed ingerichte schouwburg concerten te geven; alleen de akoestiek van zaal en toneel maakt dit minder aanvaardbaar. Moet men met één gebouw volstaan, dan is het dus logisch, dit technisch geheel als schouwburg in te richten en elektro-akoestische voorzieningen aan te brengen die de zaal ook voor muziekuitvoeringen geschikt maken.

Dat het zeer goed mogelijk en ook artistiek verantwoord is om uitvoeringen van zeer uiteenlopend karakter te geven in een elektro-akoestisch goed uitgerust theater, is wel gebleken in het Groot Auditorium van de Expo '58 te Brussel. In deze zaal (*fig. 1*), die plaats bood aan ca. 2300 bezoekers, hebben in de zes maanden die de tentoonstelling heeft geduurd, bijna iedere avond en vaak ook nog 's middags een grote verscheidenheid van bijeenkomsten en voorstellingen plaatsgevonden: toespraken (o.a. de plechtige opening van de tentoonstelling), internationale congressen (met simultane vertaling), toneelvoorstellingen, opera's, balletten, volksdansuitvoeringen, liederenrecitals, solisten- en symfonieconcerten, koorzang, een filmfestival (vertoning van talrijke films en prijsuitreiking) en een festival van elektronische muziek. Dit alles is tot tevredenheid van de uitvoerende kunstenaars en van het publiek gegeven kunnen worden, dank zij een uitgebreide elektro-akoestische installatie.

Uit het voorgaande trekke men niet de conclusie dat de mogelijkheid om in een theater concerten te geven, de enige aanleiding zou zijn om er een elektro-akoestische installatie in aan te brengen. Veeleer wordt de installatie in de eerste plaats aangebracht ten dienste van de toneelvoorstellingen. Mits op de juiste wijze ontworpen en aangelegd, maakt de installatie het theater tevens geschikt voor muziekuitvoeringen. Het gebouw krijgt er dus een nieuwe exploitatiemogelijkheid door.

Verstaanbaarheid

Het belangrijkste probleem in theaters is vaak de verstaanbaarheid. De oorzaak van gebrekkige verstaanbaarheid kan zijn een te lange nagalmtijd, maar ook te grote afmetingen van de zaal. Moderne grote theaters hebben vaak 1500 tot 3000 plaatsen. In zulk een grote zaal wordt het geluid op zijn weg naar de achterste rijen over het publiek heen zo

Fig. 1. Groot Auditorium van de Expo '58 in Brussel. Lengte van de zaal ca. 45 m, volume 15 000 m³, aantal zitplaatsen 2300.

sterk gedempt dat het achter in de zaal niet meer voldoende boven het onvermijdelijke geruis van de bezoekers uitkomt. Om zich zo goed mogelijk verstaanbaar te maken, moeten de acteurs zich dan bijzonder inspannen, meestal echter zonder voldoende succes en ten koste van hun spel.

Onverschillig of te lange nagalm dan wel een te grote zaal de oorzaak is, kan het genoemde bezwaar volledig worden opgeheven door, met behulp van luidsprekers aan weerszijden van het toneel, direct geluid toe te voegen en dit te richten op de plaatsen waar de verstaanbaarheid onvoldoende was. Zoals in deel I onder het hoofd *Direct geluid* is besproken, is het luidsprekergeluid in het voordeel boven de natuurlijke stemmen van de sprekers doordat het gebundeld is. Bovendien strijkt het, als de luidsprekers hoog genoeg zijn geplaatst, minder dicht over de hoofden van het publiek in de voorste helft van de zaal en wordt het dus minder geabsorbeerd.

Indien een goede verstaanbaarheid wordt verkregen met een luidsprekergeluid dat niet meer dan 10 dB luider is dan het directe geluid der oorspronkelijke stemmen van het toneel, kan het natuurlijke richtinghoren bewaard blijven door het luidsprekergeluid een kleine vertraging te geven (zie deel I, blz. 268). Deze vertraging kan soms zonder hulpmiddelen worden verkregen door een doelmatige opstelling van de luidsprekers. Is echter voor de verstaanbaarheid een niveau van het luidsprekergeluid nodig dat meer dan 10 dB boven het niveau van het oorspronkelijke directe geluid ligt, dan is stereofonische weergave noodzakelijk om te maken dat men het geluid uit de juiste richting blijft horen. Op het gevaar van een te ver opvoeren der geluidssterkte (wat helaas maar al te vaak gebeurt!) is in deel I de aandacht gevestigd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Dat het directe geluid ter verbetering van de verstaanbaarheid 10 dB en soms zelfs nog meer versterkt moet worden, betekent niet dat de luidheid van de spraak evenveel groter wordt. Wij zullen dit toelichten voor beide oorzaken van onvoldoende verstaanbaarheid.

In een grote zaal, maar met korte nagalm, zijn op de achterste rijen de hoge tonen te veel verzwakt, de lage tonen echter in de regel nog sterk genoeg. De luidsprekers behoeven dus alleen de hoge tonen aan te vullen, tot de juiste verhouding met de lage tonen is hersteld. Daar de hoge tonen wel veel tot de verstaanbaarheid doch slechts weinig tot de luidheid bijdragen, is bij in- en uitschakelen van de luidsprekers het verschil in verstaanbaarheid opvallend, doch het verschil in luidheid vrijwel onmerkbaar.

In een zaal met te lange nagalm is de verhouding der intensiteiten van direct en indirect geluid te ongunstig, b.v. 1 : 20. Brengt men door middel van een elektro-akoestische installatie deze verhouding op 20 : 20, dan neemt — hoewel het directe geluid 20-voudig, dus met 13 dB, versterkt is — de totale geluidssterkte toe in de verhouding van 21 tot 40, dus met slechts 3 dB. (Daar de versterking voornamelijk tot de hoge tonen beperkt blijft, is de vergroting van de luidheid zelfs nog minder.)

Uit het bovenstaande volgt dat de term „versterkingsinstallatie" voor inrichtingen van het beschreven type niet op zijn plaats is, omdat er van toeneming der luidheid bijna geen sprake is. Geluidsinstallaties in de open lucht daarentegen zijn meestal wèl echte versterkingsinstallaties; daar is op enige afstand van de spreker het natuurlijke geluid te zwak, zowel wat betreft de lage als de hoge tonen.

Op sommige plaatsen in een zaal waar het natuurlijke geluid onvoldoende doordringt — onder een laag balkon b.v. — is dikwijls ook het geluid van de luidsprekerzuilen onvoldoende. Op zulke plaatsen kan men de verstaanbaarheid verbeteren door er luidsprekers aan te brengen. Om te voorkomen dat het publiek bewust deze nabije luidsprekers hoort, moet voor een passende vertraging worden gezorgd. (Ook hier is meestal geen sprake van echte versterking.)

Muziek

Muziek vormt een wezenlijk element in opera's, operettes, revues, shows en ook in vele toneelstukken. Na de verstaanbaarheid als eerste, zouden we als tweede akoestisch probleem van schouwburgen willen noemen het goed laten klinken van muziek. Is de verstaanbaarheid goed, dan klinkt de muziek in een theater vaak onbevredigend doordat ze een langere nagalmtijd vereist dan met goede verstaanbaarheid verenigbaar is. Daar komt nog bij dat de bouw van een theater nu eenmaal ook moet voldoen aan visuele eisen, die soms met de akoestische in strijd zijn.

Het orkest dat de opera- of toneelmuziek uitvoert, mag visueel geen obstakel vormen voor het schouwspel. Daartoe wordt het verwezen naar de orkestbak, die zich vóór het toneel bevindt (*fig. 2*) en meestal voor een groot deel door het proscenium is overdekt. Deze opstelling, in het bijzonder die in het overdekte gedeelte, is akoestisch zeer ongunstig. Daaraan is het toe te schrijven dat de ouverture van een opera dikwijls weinig indrukwekkend klinkt, zelfs als het orkest uit 60 of meer musici bestaat. In het theater van Radio City te New York wordt dan ook de hele orkestbak hydraulisch omhooggebracht wanneer het orkest niet als begeleiding van iets visueels fungeert.

Een andere visuele eis is dat men vanaf alle plaatsen een goed gezicht op het toneel heeft. De klassieke bouw met enige rijen loges en balkons boven elkaar, kan aan deze eis voldoen. Ook uit het oogpunt van verstaanbaarheid is deze bouw niet ongunstig (althans voor zover de bovenste balkons, door de grote hoogte van de zaal, zich niet te ver van het toneel bevinden). De balkons en loges geven echter een vrij sterke geluidsabsorptie, waardoor de muziek te weinig diffuus wordt en een te korte nagalm krijgt. Dit geldt natuurlijk niet alleen voor de orkestmuziek, maar evenzeer voor de zang op het toneel.

Het gebrek aan diffuusheid en aan nagalm kan worden opgeheven door de muziek op te vangen door middel van microfoons met richtingseffect, en vertraagd en met diffuse nagalm weer te geven door middel van luidsprekers rondom de zaal. Dit is wat tot dusverre stereonagalm werd genoemd [4]). Inmiddels is hiervoor de nieuwe term ambiofonie ingevoerd [5]). De hier bedoelde ambiofonische installatie is dus dezelfde als die welke wordt gebruikt voor de verbetering van de akoestiek van concertzalen (zie deel I, *Indirect geluid*).

De muziek die in de orkestbak wordt gespeeld, kan men beter doen klinken door ondersteuning met behulp van bundelende luidsprekers aan weerszijden van de toneelopening — dezelfde luidsprekers

[4]) R. Vermeulen, Stereonagalm, Philips techn. T. **17**, 223-231, 1955. Zie ook [1]).

[5]) Gebleken is dat stereonagalm dikwijls wordt verward met stereofonie. Dit gevaar neemt nog toe nu door de verbreiding van stereofonische grammofoonplaten het woord stereofonie — vaak afgekort tot stereo — meer en meer gemeengoed wordt. De invoering van de term ambiofonie moge ertoe bijdragen, aan de verwarring een eind te maken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dus die de verstaanbaarheid verbeteren. Door deze ondersteuning wordt het orkest „akoestisch *op* het toneel geplaatst" en daarmee uit zijn, om visuele redenen noodzakelijke, ongunstige positie verlost.

Ter wille van een goede „doorzichtigheid" van de muziek (onderscheidbaarheid van de instrumenten) zou men deze weergave stereofonisch moeten doen geschieden. Een ideale stereofonische opstelling van de microfoons in de beperkte ruimte van de vaak overvolle orkestbak is evenwel niet mogelijk. Men krijgt echter meestal ook een goed resultaat door aan de wand van de orkestbak enige microfoons te bevestigen en deze elektrisch in twee groepen te verdelen; de linkergroep werkt via een versterker op de luidsprekers links van het toneel, de rechtergroep via een andere versterker op de luidsprekers rechts van het toneel. In fig. 2 zijn enige microfoons te zien die voor dit doel zijn aangebracht. Ook ter ondersteuning van de muziek uit de orkestbak zal meestal de ambiofonie-installatie worden gebruikt.

Sommige theaters beschikken over een orgel, dat — alweer om het visuele beeld niet te storen — onzichtbaar is opgesteld, b.v. in een zijwand van het toneel. Zo'n plaats is akoestisch bijzonder ongunstig: het meeste geluid verdwijnt in de sterk absorberende coulissentoren, en de rest kan alleen tussen de neergelaten coulissen door de zaal bereiken. Het verdient dan ook aanbeveling, het orgel, evenals het orkest, „akoestisch op het toneel te plaatsen" door middel van ondersteunende luidsprekers. Hier staat niets in de weg aan stereofonische weergave, die het resultaat nog aanmerkelijk verbetert. Verdere ondersteuning, door diffuus, vertraagd en nagalmend geluid uit luidsprekers rondom de zaal, schept de mogelijkheid om de zaalakoestiek voor orgelmuziek vrijwel ideaal te maken [6]).

Fig. 2. De grote zaal in het Teatro alla Scala te Milaan. Noch de gebruikelijke plaatsing van het orkest in een orkestbak, noch de loges (slechts vier van de zes rijen boven elkaar zijn op de foto te zien) zijn gunstig uit het oogpunt van akoestiek voor muziek.

De akoestiek voor de uitvoerenden

Het bovenstaande betrof de zaalakoestiek zoals die zich voordoet aan het publiek in de zaal. Van zeker even groot belang is de akoestiek voor de uitvoerende musici op het toneel en in de orkestbak. In een goede concertzaal hoort ieder orkestlid de andere leden spelen via reflexies tegen de wanden en het plafond van het podium. In een opera daarentegen heeft het decor slechts bij uitzondering akoestisch harde wanden en een gesloten plafond (dit zou de coulissen onhandelbaar zwaar maken). De decors bestaan in de regel uit doek, dat op een raamwerk van latten is gespannen, en ze zijn van boven open, zodat het toneel in akoestisch opzicht „open lucht" is. De zangers op het toneel horen elkaar daardoor slecht en krijgen geen indruk ervan

[6]) In de Philipsschouwburg te Eindhoven gebeurt dit reeds sinds 1954; zie fig. 7 van het in [4]) aangehaalde artikel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

hoe het samenspel in de zaal klinkt. In de orkestbak hoort een musicus niet veel meer dan de instrumenten in zijn naaste omgeving, en een indruk van de klank in de zaal ontbreekt ook hier.

Deze bezwaren voor de uitvoerenden worden sterk verminderd door de beschreven elektro-akoestische hulpmiddelen: het directe geluid van de luidsprekerzuilen naast het toneel en het indirecte geluid van de luidsprekers rondom in de zaal bereiken, rechtstreeks of gereflecteerd, ook de orkestbak en het toneel, zodat de uitvoerenden nu wèl een indruk krijgen van wat men in de zaal hoort. In welke mate dit gebeurt, hangt sterk af van de plaatselijke omstandigheden. Immers, aan het gunstige effect wordt een principiële grens gesteld doordat ook de microfoons iets van het terugkomende geluid opvangen, zodat er een akoestische terugkoppeling bestaat. Deze mag natuurlijk niet leiden tot een bevoorrechting van één of meer tonen. Het is echter zeer wel denkbaar, de genoemde moeilijkheden voor de uitvoerenden geheel op te heffen door middel van luidsprekers die zo zijn aangebracht dat de microfoons slechts een zeer kleine fractie van hun geluid opvangen. Het gemakkelijkst gaat dit bij de orkestleden, die een vaste plaats hebben: kleine luidsprekers, aan muzieklessenaars of stoelleuningen dicht bij het hoofd van de spelers bevestigd, beantwoorden volkomen aan het doel. Moeilijker is het, een oplossing te vinden voor de artiesten op het toneel, die een ruime bewegingsvrijheid moeten hebben. Men kan daar gebruik maken van op het toneel gerichte luidsprekerzuilen, zo geplaatst dat er zo weinig mogelijk van hun geluid op de microfoons valt.

Bediening

De tot dusverre genoemde elektro-akoestische installaties vereisen geen extra-bedieningspersoneel. De microfoons en de luidsprekers zijn vast opgesteld (vaak onzichtbaar voor het publiek, in ieder geval onopvallend). De microfoon- en de luidsprekerleidingen zijn eveneens vast aangelegd (*fig. 3*) en komen samen in de geluidscabine, waar de voorversterkers, de eindversterkers en de vertragingsinrichting zijn opgesteld. Wij komen hierover nog te spreken. Het meteen al aanleggen van enige reserveleidingen maakt het gemakkelijk om later hier of daar nog een microfoonaansluiting extra aan te brengen.

Hoeveel de zalen ook verschillen in akoestiek, en de uitvoeringen in karakter, het blijkt in de praktijk steeds mogelijk te zijn, de installatie samen te stellen uit standaardonderdelen, mits op de juiste wijze gecombineerd. De aanpassing bij de zaal is eens voor al vastgelegd door de opstelling van de luidsprekers, de instelling van de vertragingen voor de ambiofonie, enz. Aanpassing bij de aard van de uitvoering kan geschieden door een geschikte keus van de intensiteitsverhoudingen en de nagalmtijden met behulp van een kiesschakelaar met de standen „Toneel", „Opera", „Kamermuziek", „Symfonische muziek", „Solistenconcert", „Orgel", enz. De bediening kan dan beperkt blijven tot het inschakelen, het afwerken van een vast controleprogramma en het zetten van de schakelaar in de juiste stand. Dit kan een lid van de normale technische staf doen, b.v. de lichtoperateur.

Fig. 3. De elektro-akoestische leidingen in het Teatro alla Scala zijn alle in stalen buizen gelegd.

Elektro-akoestische faciliteiten in theaters

Behalve aan de hierboven besproken elektro-akoestische inrichtingen met een artistieke functie, bestaat er in theaters behoefte aan elektro-akoestische voorzieningen die aan het publiek, de artiesten en de staf bepaalde faciliteiten verschaffen welke de algemene gang van zaken verbeteren of vereenvoudigen. Ook deze „dienstinstallaties" vergen in het algemeen geen bijzonder bedieningspersoneel.

Hieronder laten wij een reeks van de bedoelde faciliteiten de revue passeren.

Algemene meeluisterinrichting

Voor een goede gang van zaken moeten in het theater een aantal personen buiten de zaal de voorstelling volgen, opdat zij weten wanneer zij in actie moeten komen. Dit geldt o.a. voor de artiesten in

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

hun kleedkamers, musici die tijdens de voorstelling achter de coulissen moeten spelen, balletgroepen en figuranten, toneelknechts, het personeel in de lichtcabine, keuken en garderobes, suppoosten en portiers.

Tot dit doel beschikken theaters als het Scala en het Palais de Chaillot over een algemene meeluisterinrichting. Deze bestaat uit een versterker die zijn signaal ontvangt van de microfoons in de zaal, en die luidsprekers voedt welke in de kleedkamers en andere dienstvertrekken zijn opgesteld. In sommige kamers is de luidspreker voorzien van een sterkteregelaar of van een uitschakelaar.

Oproepinrichting voor de medewerkers

Het behoort tot de taak van de toneelmeester om de acteurs, figuranten en musici te waarschuwen dat zij aanstonds moeten optreden resp. spelen. Daartoe wordt meestal gebruik gemaakt van de luidsprekers en het leidingnet van de algemene meeluisterinrichting. De toneelmeester beschikt op zij van het toneel over een lessenaar met microfoon en versterker (*fig. 4*). Door middel van sleutels of drukknoppen kan hij één of meer luidsprekers van de meeluisterinrichting overschakelen op zijn eigen versterker en aldus een oproep aan bepaalde medewerkers (individueel of groepsgewijs) doen uitgaan. Door toepassing van een bepaalde schakeling met driedraadsleidingen naar de luidsprekers kunnen bij het oproepen de sterkteregelaars en de uitschakelaars onwerkzaam worden gemaakt, zodat de oproep altijd op volle sterkte doorkomt. In de versterker van de oproepinrichting wordt met voordeel dynamiekcompressie toegepast; dit maakt dat de oproepen altijd even luid zijn, binnen wijde grenzen onafhankelijk van de afstand vanwaar men tot de microfoon spreekt, en niet door overbelasting van de versterker vervormd.

Installatie voor hardhorenden

In een schouwburg- of concertzaal verschaft een hoortoestel aan hardhorenden weinig bevrediging doordat het de gebruiker niet in staat stelt tot richtinghoren. Daardoor kan deze de storende geluiden (zaalrumoer, nagalm) niet gescheiden horen van de stemmen der acteurs of van de muziek. Storend geluid is voor hem dus veel hinderlijker dan voor een normaal horende.

Een belangrijke verbetering voor hardhorenden is dus te verwachten als men erin slaagt, hun een geluidssignaal aan te bieden dat zo goed als vrij van storingen is. Dit nu gelukt door het geluid van het toneel of podium op te vangen met behulp van gerichte microfoons — zo geplaatst dat ze weinig

Fig. 4. De toneelmeester van het Teatro alla Scala aan zijn lessenaar met microfoon, versterker en schakelaars, waarmee hij via de leidingen en luidsprekers van de meeluisterinrichting medewerkers individueel of groepsgewijs kan waarschuwen dat zij aanstonds moeten optreden.

storend geluid en weinig nagalm uit de zaal opnemen — en het zo verkregen signaal toe te voeren aan een draadlus die rondom de zaal is gelegd. De audiofrequente stroom in de lus wekt een magnetisch veld op, dat een spanning in de luisterspoel [7]) van normale hoortoestellen induceert. Deze spanning is zo goed als vrij van storingen en op alle plaatsen ongeveer even sterk. Hardhorenden zijn dus niet meer aangewezen op plaatsen vóór in de zaal of op voor hen gereserveerde plaatsen met aansluiting voor een doventelefoon. Sommige theaters die over een lusinstallatie beschikken, verhuren hoortoestellen met luisterspoel aan hardhorende bezoekers die er zelf geen bezitten.

Meeluisterinrichting voor de bezoekers

Het is een bekend verschijnsel dat er bij iedere voorstelling bezoekers te laat komen. Om hinder te vermijden voor hen die wèl tijdig aanwezig waren, sluit men in de grote theaters de zaaldeuren ca. één minuut vóór het begin van de uitvoering, om ze pas weer te openen in de korte pauze na het eerste bedrijf of na het eerste muziekstuk. De telaatkomers missen dus een aanzienlijk deel van het programma. Om hun hierin tegemoet te komen, zijn in Scala en Chaillot in de foyers luidsprekers aangebracht die zijn aangesloten op de bovengenoemde algemene meeluisterinrichting. Tijdens de grote pauze kunnen deze luidsprekers dienst doen om muziek van grammofoonplaten of magnetische

[7]) Philips techn. T. **15**, 41, 1953.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

band weer te geven. Voorziet men de foyer bovendien nog van een microfoonaansluiting en een voorversterker, dan is deze ruimte geschikt geworden om zelfstandig te worden geëxploiteerd voor lezingen, muzikale bijeenkomsten, e.d.

Televisieverbindingen

Hoewel niet behorend tot de elektro-akoestische voorzieningen, mogen televisieverbindingen hier niet onvermeld blijven, omdat er toch wel een technische verwantschap bestaat en ook zij goede diensten in theaters kunnen bewijzen.

In de eerste plaats kan men van televisie gebruik maken indien men het wenselijk acht dat wat er op het toneel gebeurt, ook zichtbaar is op bepaalde plaatsen buiten de zaal. Zo beschikt het Palais de Chaillot over een televisie-installatie waarmee de te laat gekomen bezoekers in één van de foyers het reeds begonnen eerste bedrijf ook visueel kunnen volgen. Daartoe is in de cinemaprojectiecabine een televisiecamera met telelens opgesteld. Ook bevindt zich hier een kleine televisiezender. Deze is echter niet aangesloten op een antenne, maar op een kabel, die de met het videosignaal gemoduleerde draaggolf toevoert aan een aantal normale televisieontvangers in een van de foyers. Naar behoefte kan de installatie worden uitgebreid met ontvangers op andere plaatsen, b.v. in de directiekamers, in de lichtcabine, enz.

Een andere toepassing heeft televisie gevonden in het Teatro alla Scala, namelijk om de dirigent zichtbaar te maken voor orkest- of koorleden die hem niet rechtstreeks kunnen zien. Wij komen hierop nog terug bij de bespreking van dit theater.

Oproepinrichting voor bezoekers

Vooral in grote theaters, waar het publiek zich tijdens de pauze over verscheidene gangen, trappen en foyers verspreidt, kan een oproepinrichting er belangrijk toe bijdragen dat de uitvoering volgens het vastgestelde tijdschema verloopt. Via deze inrichting kan worden gewaarschuwd voor de aanvang van de voorstelling en het einde van de pauze, en kunnen te laat gekomen bezoekers worden verwezen naar een bepaalde foyer. Als de leidingen naar deze luidsprekers via de lessenaar van de toneelmeester lopen, kan deze waarschuwen wanneer er een pauze nadert en de wachtenden zich dus naar de zaal kunnen begeven. In dringende gevallen kunnen bezoekers persoonlijk worden opgeroepen.

Over een bijzonder aardige inrichting voor dit doel beschikt het Palais de Chaillot. Tevoren is een magnetische bandopname gemaakt, waarop waarschuwingen en aanwijzingen voor het publiek afwisselen met passende muziek. De band wordt een bepaalde tijd vóór het begin van de voorstelling en vóór het einde van de pauze in beweging gebracht en hij „begeleidt" dan de bezoekers op een even prettige als doelmatige wijze naar de zaal, en de telaatkomers naar de televisietoestellen in de foyer.

Simultane vertaalinrichting

Grote theaters lenen zich door hun uitgebreide faciliteiten zeer goed voor congressen. Is het congres internationaal, dan is het in de een of andere vorm verstrekken van vertalingen van de voordrachten en discussies onontbeerlijk. Het geven van vertalingen na elke voordracht kost zeer veel tijd, ook nog indien men ze beperkt tot samenvattingen, die dan weer het nadeel van onvolledigheid hebben. Daarom is tegenwoordig de meest gebruikte methode die van het simultaan vertalen in verschillende talen via een zg. vertaalinrichting.

Achter een dubbele glazen wand met uitzicht op de congreszaal zijn een aantal tolkcabines ingericht (*fig. 5*). Iedere tolk kan door middel van een hoofdtelefoon via een kiesschakelaar de spreker in de zaal of één van de andere tolken horen, en zijn vertaling in een microfoon spreken. (De tolken vertalen namelijk soms niet uit de oorspronkelijke taal, maar uit een taal die hun beter ligt.)

Fig. 5. Tolkcabines van de simultane vertaalinrichting in het Groot Auditorium van de Expo '58 te Brussel.

Er bestaan twee systemen van vertaalinrichtingen. Bij het oudste systeem is iedere zitplaats in de zaal voorzien van een aansluiting voor een hoofdtelefoon en van een kiesschakelaar voor de verschillende talen [8]). De uitgebreide leidingaanleg

[8]) Zie b.v. N. A. J. Voorhoeve en J. P. Bourdrez, De elektro-akoestische installatie in het Volkenbondspaleis te Genève, Philips techn. T. **3**, 330-338, 1938.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

maakt zulk een installatie vrij kostbaar. Aanzienlijk goedkoper is het „draadloze" systeem, waarbij elk van de vertalingen wordt gemoduleerd op een „draaggolf" en de gemoduleerde draaggolven gezamenlijk worden geleid door een lus die rondom de zaal is gelegd, evenals de lus van een installatie voor hardhorenden. Iedere deelnemer aan het congres krijgt een speciaal hoortoestel (in feite een radio-ontvangertje) (*fig. 6*) met luisterspoel en kiesschakelaar voor de verschillende talen. Hij kan dus luisteren naar de voordracht zelf (die eventueel door een elektro-akoestische installatie wordt ondersteund) of naar de vertaling die hem het best ligt. Daar men de draaggolven ook buiten de zaal kan opvangen, mist het draadloze systeem het voordeel van geheimhouding. Deze is bij het eerstgenoemde systeem volkomen gewaarborgd.

In verschillende gebouwen heeft Philips van deze draadloze vertaalinstallaties geplaatst, hetzij met vier kanalen (draaggolffrequenties 74, 86, 98 en 110 kHz), hetzij met zes kanalen (50 en 62 kHz plus de vier zoëven genoemde frequenties). Gewerkt wordt met amplitudemodulatie. Het vermogen dat aan de lus wordt toegevoerd, is meestal niet meer dan 2 tot 3 W per kanaal.

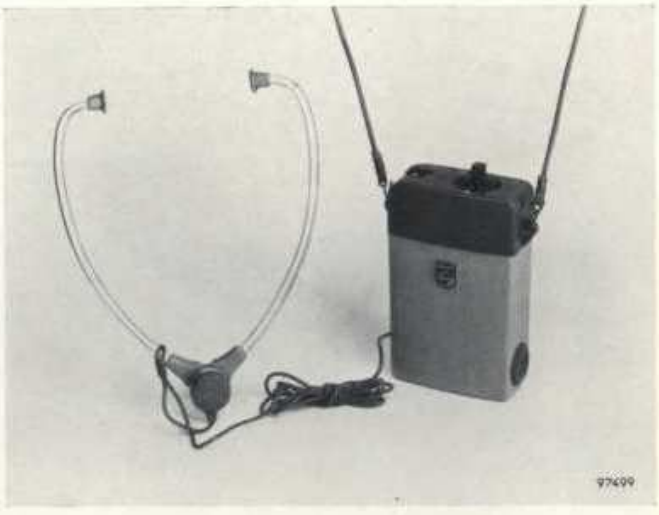


Fig. 6. Ontvangertje van een simultane vertaalinrichting. Het toestel werkt met transistors; bovenaan links de sterkteregelaar, rechts de kanalenkiezer. De installaties werken met zes of vier kanalen.

Inrichting van de geluidscabine

Bij geluidsinstallaties in theaters die ook of in hoofdzaak voor geluidseffecten dienen, is een geluidsoperateur nodig, die de gehele elektro-akoestische installatie kan overzien en controleren vanuit een centraal punt: de geluidscabine. Plaats en inrichting daarvan moeten bij voorkeur zodanig zijn dat de operateur van achter zijn bedieningslessenaar het toneel kan overzien door een geluidisolerend raam.

In de geluidscabine (*fig. 7*) komen alle microfoonleidingen en alle luidsprekerleidingen samen en beschikt men over aansluitingen op het huistelefoon- en het stadstelefoonnet, vaak ook over muzieklijnverbindingen met omroep- en televisiecentra. Verder zijn in de cabine opgesteld: de centrale bedieningslessenaar en eventueel lessenaars voor een speciaal doel, b.v. voor radio-uitzendingen, grammofoons en magnegrafoons (d.z. magnetische opneem- en weergeefinrichtingen), en verder alle versterkers, reserveversterkers en controle-inrichtingen.

De ervaring heeft geleerd dat men onder alle omstandigheden kan volstaan met in totaal 25 microfoonaansluitingen op en bij het toneel en in de zaal. Sommige hiervan zijn steeds in gebruik,

Fig. 7. Als voorbeeld van een geluidscabine van een grote elektro-akoestische installatie is hier de cabine van het Groot Auditorium op de Expo '58 in Brussel afgebeeld. Op de voorgrond de centrale bedieningslessenaar, meer naar achteren de radiolessenaar. Links boven: controleluidsprekers.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

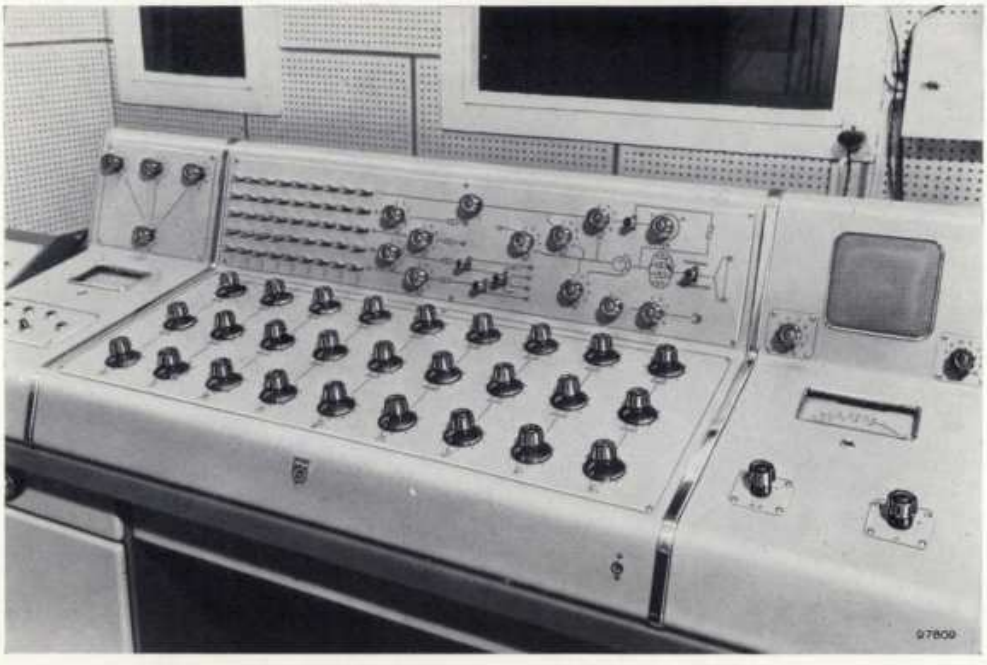


Fig. 8. De centrale lessenaar in het Palais de Chaillot. Van de drie rijen van negen knoppen op de voorgrond bestaat de voorste rij uit sterkteregelaars, de middelste rij uit lagetonen- en de achterste rij uit hogetonenregelaars. Ze bevinden zich in (van links naar rechts) zes microfoonkanalen, één grammofoonkanaal en twee magnegrafoonkanalen. Op het achterste middenpaneel rechts de schakelaar „Panorama - Réverbération", die later ter sprake komt.

andere alleen tijdelijk, wanneer een bepaalde scène dit nodig maakt. Bij snelle opeenvolging van de scènes kunnen de microfoons voor de volgende scène al worden aangesloten, zodat ze tijdens de wisseling van scène alleen nog opgesteld behoeven te worden.

Het is verder gebleken dat er van de 25 microfoonaansluitingen zeer zelden meer dan zes tegelijk in gebruik zijn. (Alleen in het Groot Auditorium te Brussel waren er wel eens meer nodig; zie de beschrijving van deze installatie verderop in dit artikel.) Binnen handbereik van de operateur is een doorverbindingspaneel opgesteld, waarmee maximaal zes microfoons (of groepen van parallelgeschakelde microfoons) kunnen worden doorverbonden met de bedieningslessenaar. Ter voorkoming van verlies van hoge tonen als gevolg van de lange microfoonleidingen worden in theaters microfoons met lage impedantie (50 ohm) gebruikt; de impedantie van de microfooningangen op de lessenaar is daarbij aangepast.

De grammofoons zijn van het type dat in omroepstudio's wordt gebruikt. Ze zijn in duplo aanwezig, zodat men grammofoonplaten kan spelen zonder onderbreking. Ze hebben eigen versterkers, voorzien van een correctienetwerk voor de gebruikelijke snijkarakteristieken van grammofoonplaten [9]). Via een kiesschakelaar kan de ene of de andere grammofoon worden verbonden met een ingang van de centrale lessenaar.

[9]) Zie b.v. Philips techn. T. **17**, 36, 1955 of **18**, 211, 1956.

Ook de magnegrafoons zijn van het professionele type. Ze zijn geschikt voor twee of drie bandsnelheden en, met het oog op stereofonie, in de regel ingericht met twee kanalen. Ze worden meestal in duplo samen met de versterkers gemonteerd in een registratielessenaar, die voorzien is van de nodige omschakelaars voor registreren en weergeven.

De centrale bedieningslessenaar vormt de schakel tussen enerzijds

- de microfoons (in de regel zes ingangen),
- de dienstdoende grammofoon (meestal één ingang) en
- de voor weergeven dienstdoende magnegrafoon (twee stereofonische ingangen)

en anderzijds

- de ingangen der eindversterkers voor de verschillende luidsprekergroepen,
- de ingang van de ambiofonie-inrichting,
- de ingang van de registratielessenaar,
- en eventueel de ingang van de radiolessenaar.

Op de centrale lessenaar (*fig. 8*) bevinden zich alle regelaars en schakelaars die voor de bediening tijdens een uitvoering of tijdens het maken van een registratie nodig zijn. Ook zijn in deze lessenaar alle voorversterkers ondergebracht.

De ingangskanalen van de centrale lessenaar hebben ieder een eigen voorversterker en sterkteregelaar en eigen klankkleurregelaars voor lage en hoge tonen. Via een kiesschakelaar kan van ieder kanaal, vóór de regelaars, het signaal worden beluisterd en het niveau op een dB-meter worden afgelezen. De uitgangskanalen hebben eveneens eigen sterkteregelaars. De verbindingen tussen de ingangs- en de uitgangskanalen worden tot stand gebracht op een zg. kruispaneel, waarvan *fig. 9* het principe verduidelijkt.

De eindversterkers zijn ondergebracht in gestandaardiseerde stalen kasten. Iedere kast bevat vier eindversterkers, één reserve-versterker en een controlepaneel. Op dit laatste bevinden zich een omschakelaar, een luidspreker en een meetinstrument, waarmee men van elke versterker het uitgangssignaal kan beluisteren en meten. Met behulp

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van een drukknop kan een defecte versterker worden vervangen door de reserve-versterker; deze komt onmiddellijk in werking, want zijn gloeidraden waren reeds ingeschakeld. Het overschakelen is in de zaal niet merkbaar.

Ook de ambiofonische installatie is in een standaardkast gemonteerd (fig. 23 van deel I). De uitgangssignalen hiervan gaan niet alleen naar de luidsprekers rondom de zaal, maar ook naar regelaars op de registratie- en op de radiolessenaar, zodat men in de registraties en in de radio-uitzendingen elektrisch opgewekte nagalm kan mengen.

Op de centrale lessenaar is meestal een klein gedeelte gereserveerd voor het regelen, mengen, meten en beluisteren van de signalen die afkomstig zijn van de algemene meeluistermicrofoons in de zaal. Het uitgangssignaal van dit deel van de lessenaar wordt zowel naar de versterkers van de algemene meeluisterinrichting geleid als naar die van de meeluisterinrichting in de foyer en van de lus voor hardhorenden.

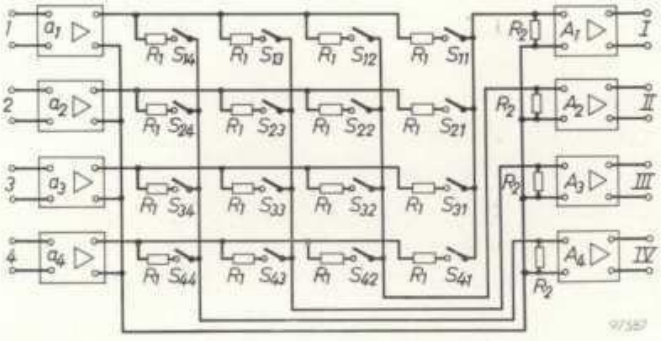


Fig. 9. Principeschema van een kruispaneel, waarmee op een centrale lessenaar de verbindingen tussen de ingangen en de uitgangen tot stand worden gebracht. Hier zijn vier ingangen (*1 . . . 4*) en vier uitgangen (*I . . . IV*) getekend. $a_1 \ldots a_4$ voorversterkers. $A_1 \ldots A_4$ lijnversterkers. R_1 hoge weerstanden. R_2 lage weerstanden. Zet men b.v. de schakelaars S_{23} en S_{43} in, dan leveren de voorversterkers a_2 en a_4 via spanningsdelers R_1-R_2 signaal aan de lijnversterker A_3. Deze signalen komen dus gemengd en versterkt in het uitgangskanaal *III*. De hoge weerstanden R_1 voorkomen dat de voorversterkers elkaar beïnvloeden.

Hoewel in het voorgaande verschillende theaters al met name werden genoemd, hebben wij de beschouwingen zo algemeen mogelijk gehouden. Nu willen wij enige grote uitgevoerde installaties nader beschrijven. Daarbij zal blijken dat deze, ofschoon het grondpatroon steeds hetzelfde is, wegens plaatselijke omstandigheden of persoonlijke voorkeur bepaalde onderlinge verschillen vertonen.

Teatro alla Scala, Milaan

Het Teatro alla Scala is in 1778 door Piermarini gebouwd op de plaats waar eens een door Beatrice della Scala gestichte kerk stond. Het gebouw bevat een grote zaal voor opera's en concerten, en het veel kleinere, hier verder buiten beschouwing blijvende, „Piccolo Scala", waarin kleinere opera's en kamermuziek worden gegeven. De grote zaal (fig. 2) is hoefijzervormig met zes reeksen loges boven elkaar, en heeft ca. 2500 zitplaatsen. Het theater dankt zijn vermaardheid als eerste opera ter wereld zowel aan de perfectie van de uitvoeringen als aan de grootsheid van de schouwspelen.

Een studiecommissie, ingesteld door de directie van het theater, is in 1954 tot de conclusie gekomen dat een doeltreffende geluidsinstallatie ertoe kan bijdragen, het publiek nog sterker het gevoel te geven dat het zelf bij de handeling op het toneel is betrokken. Bovendien zouden allerlei bestaande technische problemen ermee tot een oplossing gebracht worden. De belangrijkste van deze problemen waren:

1) Muziekinstrumenten en koren die voor het opwekken van bepaalde geluidseffecten tijdens opera's naast of achter het toneel moesten worden opgesteld, waren in de zaal niet goed hoorbaar als gevolg van de demping door de coulissen.
2) Ze vormden daar een belemmering voor het opkomen en afgaan van acteurs, dansgroepen en figuranten (het komt wel voor dat in korte tijd meer dan 200 personen moeten opkomen en afgaan!).
3) De orkest- en koorleden achter het toneel konden de dirigent niet zien. Men behielp zich met een „tussendirigent", wiens taak het was, de dirigent door een opening in de coulissen gade te slaan en mee te dirigeren (*fig. 10*).
4) Acteurs die achter de coulissen wachtten om op te komen, waren daar niet in staat, het orkest en het spel op het toneel goed te horen en konden daardoor moeilijk het juiste tijdstip bepalen waarop zij het toneel op moesten gaan.

Voor de eerstgenoemde drie problemen kon een goede oplossing worden gevonden door voor de musici die niet in de orkestbak of op het toneel spelen of zingen, een afzonderlijke studio in te richten. Via een televisieverbinding, met een op de dirigent in de orkestbak gerichte camera en een ontvanger in de studio, kunnen de in de studio aanwezigen de dirigent zien. Zolang zij zelf niet spelen of zingen, kunnen zij de uitvoering volgen via luidsprekers van de meeluisterinstallatie. Op aanwijzing van de dirigent wordt in de studio gemusiceerd, en het geluid wordt via luidsprekers in de zaal weergegeven.

Het ruimtegebrek en de wederzijdse hinder van musici enerzijds en acteurs en figuranten anderzijds zijn hiermee volkomen opgeheven. Bovendien is de studio akoestisch een veel betere plaats om te

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

musiceren dan de beperkte ruimte achter het toneel met zijn absorberende coulissen. Daar de microfoons en de luidsprekers zich niet in dezelfde ruimte bevinden, is er geen gevaar van akoestische terugkoppeling, zodat dit geen beperkingen oplegt aan de opstelling van de microfoons in de studio en aan de te verwezenlijken geluidseffecten.

Fig. 10. In het Teatro alla Scala moesten destijds orkestleden achter het toneel worden opgesteld om muziek van tussen de coulissen te laten klinken. Zij konden daar de dirigent niet zien en werden daarom gedirigeerd via een „tussendirigent", die de dirigent door een gaatje in de coulissen gadesloeg en diens bewegingen nabootste. Tegenwoordig spelen de musici in een studio, vanwaaruit de muziek door luidsprekers in de zaal wordt weergegeven, en waar zij de dirigent kunnen zien op een televisiescherm.

Het sub (4) genoemde bezwaar — slechte hoorbaarheid voor wachtende acteurs — is verholpen door het aanbrengen van een speciale meeluisterinrichting, met op het orkest en het toneel gerichte microfoons, bevestigd aan de binnenzijde van de balustrade tussen de orkestbak en de zaal (fig. 2), en met luidsprekers achter het toneel.

Wat betreft de akoestiek van de zaal, kan worden gezegd dat de talrijke loges een sterke geluidsabsorptie veroorzaken. Dit maakt dat de nagalmtijd vrij kort is: 1,55 s (bij 500 Hz) in de lege zaal, en nog korter wanneer de zaal vol is. Voor de verstaanbaarheid is dit gunstig; in dit opzicht behoefde de akoestiek dan ook geen correctie. Er was echter alle reden om ambiofonie toe te passen, zowel incidenteel, wanneer het een bepaalde operascène ten goede zou komen, als tijdens symfonieconcerten.

In nauw overleg met de technische staf van het theater heeft Philips een geluidsinstallatie ontworpen die geheel aan de behoeften voldoet. Ze heeft haar première beleefd op 7 december 1955, met een uitvoering van „Die Zauberflöte" van Mozart, onder leiding van Herbert von Karajan. Alle muziek die vroeger achter en tussen de coulissen zou zijn gespeeld, werd nu weergegeven vanuit de studio, waar de musici via de televisieverbinding werden gedirigeerd. Tevens werd op ruime schaal gebruik gemaakt van de mogelijkheden tot ruimtelijke weergave — stereofonie, ambiofonie, afstandseffecten — die de installatie biedt.

De installatie kan worden onderscheiden in een gedeelte dat ter ondersteuning van de uitvoering dient, en een gedeelte dat de inrichtingen voor het meeluisteren, oproepen en andere faciliteiten omvat.

Installatie ter ondersteuning van de uitvoering

Microfoons. Op het toneel en in de studio zijn in totaal 25 microfoonaansluitingen aangebracht. Hierop worden naar behoefte rondom gevoelige elektrodynamische microfoons van het type EL 6040 aangesloten.

Geluidscabine. *Fig. 11* geeft het blokschema van de gehele geluidsinstallatie in het Teatro alla Scala. In *fig. 12* is te zien, welke combinaties van de verschillende microfoon- en luidsprekergroepen tot stand gebracht kunnen worden. De meeste van de in deze schema's getekende onderdelen treft men aan in de geluidscabine. Deze bevindt zich tussen de grote en de kleine zaal en geeft uitzicht op beide tonelen.

De 25 microfoonaansluitingen op het grote toneel en in de studio leiden naar een doorverbindingspaneel D (fig. 11). De operateur, te werk gaand volgens het geluidsregieboek, verbindt op dit paneel de microfoons M_1 die dienst moeten doen, met de microfooningangen (hier vijf in getal) van de centrale lessenaar. Deze heeft voorts nog een magnegrafooningang T en een grammofooningang G. De magnegrafoon dient voornamelijk voor effectgeluiden en voor het registreren van balletmuziek, die men later, bij repetities of voor het onderricht in de balletschool, wil weergeven. De magnegrafoon is in deze installatie slechts van ondergeschikte betekenis en daarom niet ingericht voor stereofonie.

De voorversterkers van de ingangen M_1, T en G zijn gesplitst in twee groepen, met sterkteregelaars P_1 ertussenin. Deze regelaars bevinden zich niet in de geluidscabine, maar op een correctielessenaar bij de plaats van de geluidsregisseur (zie beneden).

Verder zijn in de geluidscabine aanwezig een ambiofonische inrichting R (met de microfoons M_2), 18 eindversterkers (de reserve-versterkers niet meegeteld), ieder met een uitgangsvermogen

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info

Digitized by www.freeservicemanuals.info

van 120 W, en een aantal controleluidsprekers.

Een intercommunicatiesysteem verbindt de geluidscabine met de geluidsregisseur en met de studio. De musici in de studio kunnen de uitvoering volgen via luidsprekers die op het meeluisternet zijn aangesloten. De luidsprekers in de studio worden uitgeschakeld als de microfoons worden ingeschakeld. Dit wordt kenbaar gemaakt doordat er in de studio, bij de dirigent, bij de regisseur en in de geluidscabine rode signaallampjes gaan branden.

Correctielessenaar. De verantwoordelijkheid voor de belichting en de elektro-akoestiek tijdens de uitvoeringen berust bij de licht- en geluidsregisseur. Deze heeft zijn vaste plaats achter de ereloge. Daar is de bovengenoemde correctielessenaar opgesteld, die het de regisseur mogelijk maakt, de sterkte-instellingen van de ingangskanalen M_1, T en G (fig. 11) te corrigeren, en via relais de verschillende luidsprekergroepen uit te schakelen.

Luidsprekers in de zaal en op het toneel. De plaatsing van de verschillende luidsprekers in de zaal en op het toneel blijkt uit *fig. 13*. In ieder van de vier hoeken van de toneelopening zijn een horizontale en een verticale luidsprekerzuil L_{1b} opgesteld, benevens een luidsprekerkast L_{1a} voor lage tonen. De luidsprekers van de zuilen L_{1b} zijn individueel zodanig gericht dat de hoge tonen zo gelijkmatig mogelijk worden verdeeld. Samen bestrijken de luidsprekers van ieder zuilenpaar alle plaatsen in de zaal en de loges. De hogetonenluidsprekers (de zuilen dus) en de lagetonenluidsprekers zijn aangesloten op afzonderlijke eindversterkers (systeem „Bi-Ampli") [10]. Deze zijn verbonden met gescheiden uitgangskanalen van de centrale lessenaar (fig. 11). Daarop is een regelaar P_3 aanwezig voor de sterkte van alle vier luidsprekergroepen L_{1a}-L_{1b} samen. Bovendien zijn er twee regelaars P_4 en P_5, die, zonder de totale sterkte te wijzigen, de verhouding der sterkten regelen van de bovenste ten opzichte van de onderste groep, en van de linkse ten opzichte van de rechtse. Met behulp van de regelaars P_4 en P_5 kan men het stereofonische geluidsbeeld verticaal en horizontaal door de toneelopening verplaatsen.

In een kroonlijst, rondom de zaal langs het plafond, zijn luidsprekers L_2 aangebracht (fig. 13). Deze geven diffuus geluid en kunnen op tweeërlei wijze worden gebruikt. Als één groep geschakeld, geven ze geluid dat weliswaar diffuus is, maar toch duidelijk van boven komt, wat voor bepaalde effecten dienstig kan zijn. Aangesloten op de vier kanalen van de ambiofonische installatie, kunnen ze een willekeurige akoestiek scheppen en een willekeurige grootte van de zaal suggereren, en, indien men de sterkte van hun geluid juist kiest ten opzichte van de luidsprekers L_{1a}-L_{1b} of van de op het toneel geplaatste luidsprekers L_{1d} een bepaalde afstandsindruk wekken. Een bijzonder effect wordt in beide gevallen verkregen als men van de luidsprekers L_2 alleen diegene inschakelt die zich achter in de zaal bevinden. Op deze wijze is men namelijk in staat, b.v. een echo tegen de bergen te suggereren en „tegenspel" naar het toneel te geven (panoramisch geluid).

Op de centrale lessenaar kan door middel van de regelaar P_9 (fig. 11) nagalm worden toegevoegd aan het van het toneel afkomstige geluid, dat door de microfoons M_2 boven het toneel wordt opgevangen. Met de regelaar P_6 kan men hetzelfde doen ten aanzien van geluid dat afkomstig is van de studio of van registraties.

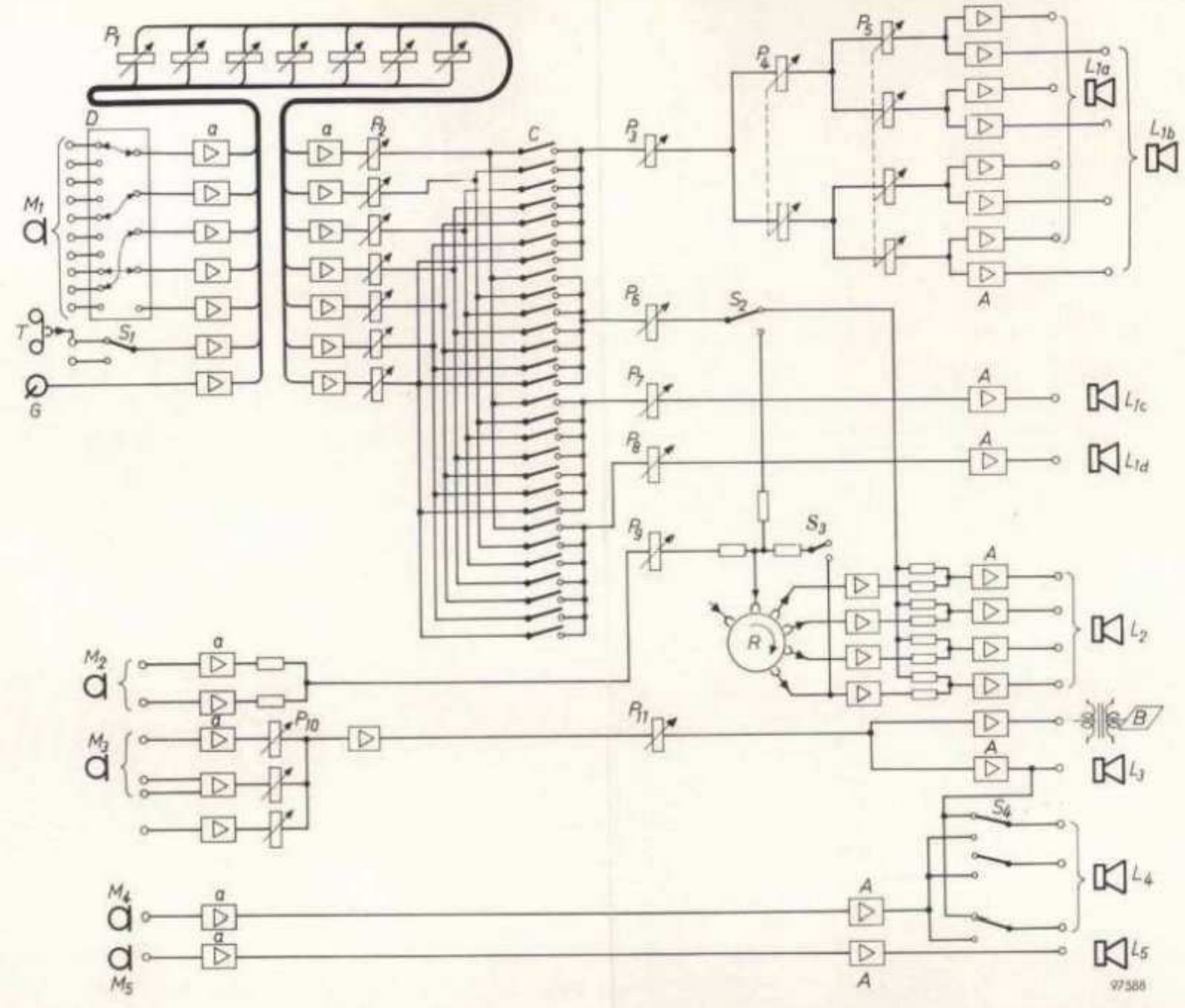
De zoëven genoemde luidsprekers L_{1d} (fig. 13) bevinden zich in verrijdbare meubels, ieder met 60 W luidsprekervermogen. Ze dienen om vanuit enigerlei plaats tussen de coulissen instrumentale muziek, koorzang, effectgeluiden e.d. ten gehore te brengen. L_{1c} ten slotte is een luidsprekergroep boven het toneel, voor het weergeven van effectgeluid dat van boven moet komen: onweer, regen, engelenzang, e.d. De geluidssterkte van L_{1c} en L_{1d} wordt geregeld met behulp van de regelaars P_7 resp. P_8 (fig. 11) op de centrale lessenaar.

Voor het geluid in de zaal worden uitsluitend dubbelconusluidsprekers type EL 7021 gebruikt. Ieder van de vier groepen rondom de toneelopening en ook de groep aan het plafond kan in de zaal zonder merkbare vervorming een luidheid van 94 foon opwekken. Een groot orkest of een groot koor kunnen derhalve worden weergegeven met de natuurlijke luidheid.

Meeluister- en oproepinstallatie. Draadlus voor hardhorenden

De meeluisterinrichting krijgt zijn signaal van vier microfoons M_3 (fig. 11), die samen een algemeen beeld van de uitvoering geven: één microfoon boven het voortoneel achter het manteau, twee in de orkestbak en één in de lichtkroon boven in de zaal. Hun signalen worden gemengd op een apart paneel van de centrale lessenaar en weergegeven via luidsprekers L_3, L_4 op de volgende plaatsen: in de geluidscabine, in de 60 kleedkamers van de artiesten, in de foyers (ten behoeve van te laat gekomen bezoekers), in de bureaus van de directie en in de studio.

[10]) De voordelen van het weergeven van lage en hoge tonen via afzonderlijke kanalen zijn beschreven in G. J. Bleeksma en J. J. Schurink, Een luidsprekerinstallatie voor zeer goede weergave in de huiskamer, Philips techn. T. **18**, 308-319, 1956, in het bijzonder blz. 308 en blz. 316 e.v.



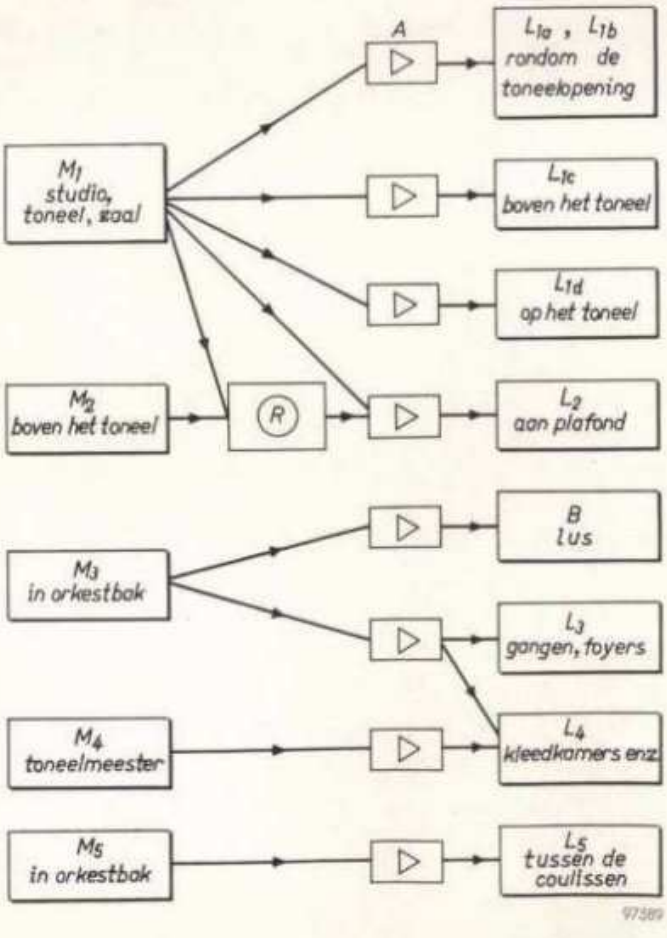


Fig. 11. Blokschema van de gezamenlijke elektro-akoestische installaties (uitgezonderd het intercommunicatiesysteem) in het Teatro alla Scala.
a voorversterkers. *A* eindversterkers (120 W). *B* draadlus voor hardhorenden. *C* kruispaneel. *D* doorverbindingspaneel. *G* grammofoon. L_{1a} lagetonen-, L_{1b} hogetonenluidsprekers rondom de toneelopening. L_{1c} luidsprekers boven het toneel. L_{1d} luidsprekers op het toneel. L_2 luidsprekers rondom het plafond. L_3 luidsprekers in gangen, foyers, enz. L_4 luidsprekers in kleedkamers, enz. L_5 luidsprekers tussen de coulissen. M_1 microfoonaansluitingen op het toneel en in de studio (25 stuks, waarvan 10 getekend). M_2 nagalmmicrofoons boven het toneel. M_3 meeluistermicrofoons. M_4 microfoon van de toneelmeester (fig. 4). M_5 microfoons in de orkestbak (fig. 2). P_1 sterkteregelaars op de correctielessenaar van de geluidsregisseur. P_2 sterkteregelaars in de ingangskanalen van de centrale lessenaar. P_3 sterkteregelaars voor de luidsprekers L_{1a} en L_{1b}. P_4, P_5 panoramische potentiometers (L_{1a}, L_{1b}). P_6 sterkteregelaar voor nagalm van registraties of van M_1. P_7 sterkteregelaar voor de luidsprekers L_{1c}. P_8 sterkteregelaar voor de luidsprekers L_{1d}. P_9 sterkteregelaar voor ambiofonie, via M_2-L_2. P_{10}, P_{11} sterkteregelaars meeluisterinrichting en hardhorenden. *R* vertragingswiel. S_1 kiesschakelaar voor een tweede magnegrafoon. S_2 schakelaar voor het geven van direct geluid of vertraagd geluid via L_2. S_3 schakelaar in de terugkoppeling van de vertragingsinrichting. S_4 sleutels op de lessenaar van de toneelmeester. *T* magnegrafoon.

Fig. 12. Overzicht van de manieren waarop microfoons, vertragingsinrichting, versterkers en luidsprekers in het Teatro alla Scala gecombineerd kunnen worden. Betekenis van de letters als in fig. 11.

Digitized in Heiloo the Netherlands

11/14/2023

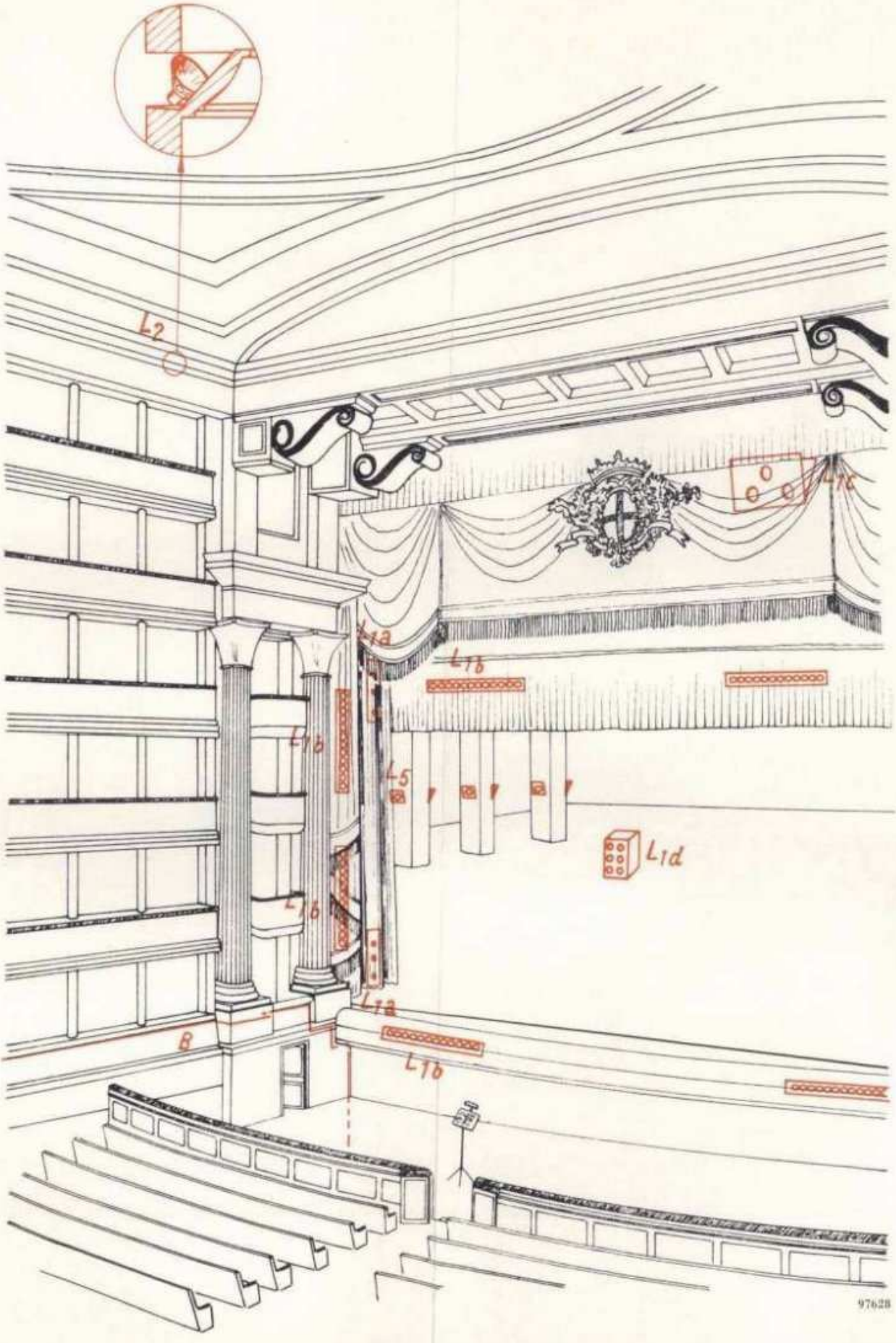


Fig. 13. Plaatsing van de luidsprekers in de grote zaal van het Teatro alla Scala. L_{1a} lagetonenkasten en L_{1b} luidsprekerzuilen rondom de toneelopening, voor panoramisch geluid L_{1c} luidsprekers boven het toneel, voor effectgeluiden die van boven moeten komen. L_{1d} verplaatsbare luidsprekers op het toneel. L_2 luidsprekers in de kroonlijst, voor ambiofonie. L_5 luidsprekers ten behoeve van acteurs die tussen de coulissen hun beurt van opkomen afwachten. B draadlus voor hardhorenden.

Not for sale!

11/14/2023

De toneelmeester beschikt achter het toneel over een eigen lessenaar (fig. 4) met microfoon M_4 en versterker (fig. 11 en 12). Door het omzetten van sleutels S_4 kan hij via de luidsprekers van de algemene meeluisterinstallatie de artiesten individueel of groepsgewijs oproepen.

Ten behoeve van de artiesten die op zij van het toneel wachten om op te komen, zijn aan de kolommen ter weerszijden van het toneel luidsprekers L_5 opgehangen (fig. 13). Deze ontvangen hun signaal van twee microfoons M_5 (fig. 11) in de orkestbak, via een versterker met dynamiekbegrenzing, zodat solo- en pianissimopassages duidelijk hoorbaar zijn zonder dat in de fortissimi overbelasting optreedt.

Ten behoeve van hardhorenden is rondom de zaal een draadlus aangelegd (B, fig. 11 en 13). Deze krijgt zijn signaal via een 120 W-versterker van de microfoons M_3 waarop ook de meeluisterinrichting is aangesloten. Het theater verstrekt hoortoestellen in huur.

Théâtre National Populaire (Palais de Chaillot), Parijs

Het Palais de Chaillot is gebouwd voor de Parijse Wereldtentoonstelling van 1937, op de plaats van het voormalige Trocadéro. Het bestaat uit een gedeeltelijk *in* de heuvel van Chaillot gebouwde toneel- en concertzaal met 2900 plaatsen, met aan weerszijden, op een hoger niveau, vleugels, die als musea zijn ingericht. Vóór het toneel bevindt zich een ruime orkestbak. De achterwand van het toneel wordt in beslag genomen door een groot orgel. De zaal wordt gebruikt voor toneel (in hoofdzaak door het gezelschap „Théâtre National Populaire" van Jean Vilar), symfonie- en orgelconcerten, filmvoorstellingen en „galas" (uitvoeringen van uiteenlopende aard voor besloten kring), en heeft ook meermalen dienst gedaan als vergaderzaal voor de Verenigde Naties.

De nagalmtijd van de zaal is voor muziek aan de korte kant, maar voor spraak zo lang dat de verstaanbaarheid eronder lijdt. Deze laat bovendien op vele plaatsen te wensen over doordat de afstand tot het toneel te groot is.

De huidige elektro-akoestische installatie is tot stand gekomen op initiatief van de technische leiding van het Théâtre National Populaire. Dit initiatief sproot voort uit de noodzaak om het verstaanbaarheidsvraagstuk, nadat er al veel geëxperimenteerd was, definitief tot een oplossing te brengen. Zeker is aan de gedane keus niet vreemd geweest het succes van de elektro-akoestische installaties der bekende „Spectacles Son et Lumière" bij talrijke Franse kastelen en andere historische bouwwerken.

Anders dan in het Teatro alla Scala, ligt in het Théâtre National Populaire de nadruk dus op verbetering van de verstaanbaarheid. Een tweede verschil is dat men er voor toneelmuziek, boven directe muziektransmissie vanuit een studio, de voorkeur geeft aan stereofonisch weergeven van geregistreerde muziek. Vandaar dat de inrichtingen voor geluidsregistratie hier uitgebreider zijn dan in Milaan. In verbetering van de akoestiek voor symfonie- en orgelconcerten is eveneens voorzien. Van de geluids- en televisieverbinding met de foyer, ten gerieve van de te laat gekomen bezoekers, is boven al melding gemaakt, evenals van het systeem ter waarschuwing van het publiek in foyers, gangen, trappenhuizen, enz. (aankondiging van het einde der pauze, e.d.). Bovendien is er een meeluisterinrichting voor de acteurs in de kleedkamers en voor de technici, en een intercommunicatienet voor de technische staf.

Ondanks de genoemde verschillen in de nadruk die op de diverse aspecten van de installatie wordt gelegd, is er in technisch opzicht grote overeenkomst met de installatie van Scala. Het hart is ook in het Palais de Chaillot de geluidscabine met de centrale lessenaar (fig. 8). Op enkele details na komt deze laatste overeen met die van Scala. Een verschil is dat in de installatie in het Palais de Chaillot het directe geluid stereofonisch is. In verband hiermee zijn er twee volledig gescheiden kanalen voor de luidsprekers naast het toneel, en ook twee afzonderlijke kanalen voor de luidsprekers op het toneel. Bovendien kunnen de luidsprekers rondom de zaal worden gebruikt voor „bewegend geluid" en panoramisch geluid. Het grote aandeel van geregistreerd geluid komt tot uiting in het feit dat het Palais de Chaillot een afzonderlijke registratielessenaar bezit. Hierop bevinden zich twee magnegrafoons voor opnemen en weergeven, en twee grammofoons, alle van het professionele type. De aanwezigheid van twee magnegrafoons maakt het niet alleen mogelijk om een ononderbroken programma te geven, maar ook om ter plaatse kopieën te maken en om effectopnamen te vervaardigen, b.v. door transpositie van snelheden, op de wijze zoals elektronische muziek wordt gecomponeerd [11]).

Opstelling van de microfoons

Het toneel is ook hier voorzien van 25 microfoonaansluitingen. De opstelling van de microfoons in de orkestbak, bij het orgel en op het toneel tijdens „galas" kan worden overgelaten aan de geluidsregisseur. Er bestaat in deze gevallen namelijk wei-

[11]) H. Badings en J. W. de Bruyn, Elektronische muziek, Philips techn. T. **19**, 269-279, 1957.

Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

nig gevaar van akoestische terugkoppeling, in tegenstelling met wat het geval is bij toneelvoorstellingen. Daar is de opstelling veel moeilijker. De microfoons moeten onopvallend zijn geplaatst, mogen het spel en de decorwisseling niet belemmeren en geen storend geluid van achter het toneel opvangen. In vele opzichten de beste plaats is in het voetlicht, waar ze goed de hoge tonen van de naar de zaal toe sprekende acteurs opvangen, wat voor goede verstaanbaarheid noodzakelijk is. De moeilijkheid is nu echter dat de microfoons geluid van het gehele toneel (tot 23 m breed en 15 m diep!) moeten opvangen, terwijl ze zich daar, wat betreft de akoestische terugkoppeling, op een uiterst ongunstige plaats bevinden, namelijk vóór de luidsprekers die aan weerszijden van het toneel zijn opgesteld en het geluid tot achter in de 40 m lange zaal goed verstaanbaar moeten weergeven! Het is duidelijk dat het probleem van de akoestische terugkoppeling hier alles overheerst. De gunstigste opstelling is dan ook alleen gevonden kunnen worden door uitvoerige experimenten ter plaatse. De microfoons worden steeds op de aldus bepaalde plaatsen opgesteld en hun signalen worden steeds op dezelfde wijze gecombineerd.

In het voetlicht staan vier microfoonzuilen, ieder met vier elektrodynamische microfoons EL 6040. Twee van deze zuilen zijn in de linker- en twee symmetrisch ten opzichte daarvan in de rechterhelft van het voetlicht geplaatst. Doordat het linkerpaar samenwerkt met een luidsprekerzuil links van het toneel, en het rechterpaar met de luidsprekerzuil rechts van het toneel, wordt een stereofonisch effect verkregen. De installatie geeft overal in de zaal goede verstaanbaarheid, zonder dat men bewust het geluid uit de luidsprekers hoort komen, en zonder enigerlei naklinken.

Stereofonisch opnemen

Voor het stereofonisch opnemen van toneelmuziek wordt gebruik gemaakt van een kunsthoofd. In de regel is er tijdens het opnemen geen publiek in de zaal, zodat het uiterlijk van het kunsthoofd er weinig toe doet. Omdat men echter ook wel eens met publiek opnamen wil maken (b.v. van documentaire aard), bestond de wens dat het kunsthoofd zo onopvallend mogelijk zou zijn. Om deze reden is het uitgevoerd als een vlakke doorzichtige plaat met aan weerszijden een microfoon EL 6040 van slanke vorm. Doordat een deel van de plaat draaibaar is, kan men tussen de microfoons een groot of een klein weglengteverschil instellen, overeenkomend met een openingshoek [12]) van 90° resp. 180°. Men kiest de hoek die het stereofonische geluidsbeeld van de verschillende muziekinstrumenten het best doet overeenkomen met de posities van de instrumenten tijdens het opnemen. Voor het opnemen van een groot orkest of een toneelvoorstelling wordt het kunsthoofd vóór de toneelopening gehangen; voor het opnemen van een klein ensemble of van stereofonische geluidseffecten plaatst men het op een statief op het toneel.

[12]) Philips techn. T. **17**, 194 (fig. 5), 1955.

De luidsprekers in de zaal en op het toneel

De luidsprekers die ter verbetering van de akoestiek dienen — in totaal 129 stuks —, kunnen naar hun plaats als volgt worden ingedeeld: luidsprekers a) naast en boven de toneelopening, b) op het toneel, en c) rondom het plafond.

a) De luidsprekers naast en boven de toneelopening bestaan uit twee symmetrisch links en rechts geplaatste groepen. Elke groep wordt gevormd door een verticale luidsprekerzuil naast, en een horizontale zuil boven de toneelopening (zie fig. 11 en 12 van deel I) en een lagetonenkast. De linker- en de rechtergroep zijn aangesloten op afzonderlijke uitgangskanalen van de centrale lessenaar.

De verticale zuilen bevatten ieder 18 dubbelconusluidsprekers EL 7021, die de „hoge" tonen (boven 250 Hz) weergeven. Ze zijn in kleine, onopvallende kastjes ondergebracht en op het publiek gericht, zodat ze direct geluid leveren. De afzonderlijke luidsprekers in de zuilen zijn, in volgorde van boven naar beneden, op aan elkaar grenzende delen van de zaal gericht. Daardoor is de openingshoek van de zuilen weinig van de frequentie afhankelijk en worden de hoge tonen gelijkmatig verspreid (zie deel I, blz. 273).

De horizontale zuilen bevatten ieder tien luidsprekers EL 7021, in kastjes van dezelfde kleine afmetingen. Ook deze zijn onderling verschillend gericht, echter niet naar het publiek, maar naar het plafond en de muren. Ze wekken dus een maximum aan diffuus geluid op.

De lagetonenkasten bevatten ieder twee luidsprekers EL 7031 met hoog rendement (14%), die de tonen beneden 250 Hz weergeven. De kasten hebben een voldoend groot volume om weergave van de laagste muziektonen mogelijk te maken. Ze zijn boven de verticale zuilen bij het plafond geplaatst.

Op de centrale lessenaar kan men de groepen op vijf manieren schakelen. Men kan namelijk laten werken:

1) alleen de verticale zuilen, voor spraak;
2) de verticale zuilen en de lagetonenkasten, voor muziek (direct geluid);

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

3) alleen de horizontale zuilen, voor diffuus geluid van boven het toneel;
4) de horizontale zuilen en de lagetonenkasten, voor muziek (diffuus geluid);
5) alle groepen, voor optimale weergave van muziek.

De onderlinge sterkteverhoudingen van de verticale zuilen, horizontale zuilen en lagetonenkasten zijn vast ingesteld op grond van luisterproeven.

Bij de voorstellingen van het Théâtre National Populaire wordt het op het toneel gesproken woord stereofonisch ondersteund via de microfoons in het voetlicht en de verticale luidsprekerzuilen. Muziek en effectgeluiden van stereofonische registraties worden ten gehore gebracht via één van de vijf bovengenoemde combinaties van luidsprekers.
b) De luidsprekers op het toneel bestaan uit grote meubels, elk met vier luidsprekers EL 7021 en één luidspreker EL 7031; het gezamenlijke elektrische vermogen per kast is 60 W. Hun taak is het weergeven van muziek en effectgeluid tussen de coulissen bij toneelvoorstellingen. Daar ze op twee afzonderlijke uitgangskanalen van de centrale lessenaar kunnen worden aangesloten, kan men twee verschillende geluiden tegelijkertijd uit verschillende richtingen laten komen, ofwel geluid stereofonisch in de breedte of in de diepte weergeven. Samen met de horizontale zuilen zijn ze in staat, panoramisch geluid rondom de toneelopening op te wekken, en samen met de verticale zuilen is de dieptebeweging van het geluid over het toneel mogelijk.
c) In platte kasten gemonteerde luidsprekers EL 7021 rondom het plafond zijn schuin omhoog gericht en geven derhalve diffuus geluid. Een diffuse nagalm onstaat als hun signalen passend zijn vertraagd. Hiertoe dient een ambiofonische installatie EL 6910 met magnetisch vertragingswiel (zie fig. 22 en 23 van deel I). In principe worden de plafondluidsprekers onregelmatig over de vier vertraagde kanalen verdeeld, doch zo dat bij een omtrekssnelheid van 3 m/s van het wiel iedere luidspreker ten minste de vertraging heeft die overeenkomt met zijn afstand tot het toneel. Reduceert men de snelheid tot 1,5 m/s, dan worden alle vertragingen twee maal zo groot, hetgeen een zaal van zeer grote afmetingen suggereert. De nagalmtijd van het geluid van de plafondluidsprekers kan op de centrale lessenaar worden ingesteld van 0 tot 4 seconden.

Tijdens concerten ontlenen de plafondluidsprekers hun signaal aan microfoons boven het orkest of bij het orgel, en tijdens toneelvoorstellingen en „galas" aan microfoons in het voetlicht of op het toneel, of aan magnetische registraties of grammofoonplaten. In samenwerking met de stereofonische luidsprekergroepen of met de luidsprekermeubels op het toneel kunnen ze afstandseffecten teweegbrengen.

De bovengenoemde onregelmatige verdeling van de plafondluidsprekers over de vier vertragingskanalen — nodig voor ambiofonie — bestaat alleen wanneer een bepaalde schakelaar op de centrale lessenaar in de stand „Réverbération" staat. Zet men deze schakelaar in de andere stand („Panorama"), dan worden de plafondluidsprekers door tussenkomst van relais verbonden met andere versterkeruitgangen, zodanig dat elk der zelfde vier eindversterkers een groep luidsprekers voedt die ieder één kwadrant van het plafond beslaan. Tevens zorgen andere relais ervoor dat de ingangen van de vier versterkers worden overgeschakeld naar de vier uitgangen van een „panoramische potentiometer" op de centrale lessenaar. Daar het signaal van de genoemde luidsprekers nu niet meer vertraagd is, wekken ze een richtingsindruk op, en deze is afhankelijk van de onderlinge sterkteverhoudingen der vier kwadrantgroepen. Met behulp van de panoramische potentiometer varieert men deze sterkteverhoudingen, en daarmee wijzigt men de richting waaruit het geluid schijnt te komen. Op deze wijze zijn zeer frappante geluidseffecten op te roepen. De signaalbron van het panoramische geluid is uiteraard een registratie.

Ter illustratie van de omvang der „technische" installaties (meeluisteren, oproepen, intercommunicatie) moge worden vermeld dat hierin buiten de zaal 355 luidsprekers zijn opgenomen.

Groot Auditorium, Expo '58, Brussel

Ter gelegenheid van de Wereldtentoonstelling 1958 in Brussel heeft men in een van de paleizen die van de Wereldtentoonstelling van 1935 waren overgebleven, een nieuwe (intussen al weer afgebroken) zaal gecreëerd (fig. 1). Deze bood plaats aan 2300 personen en moest dienen voor velerlei doeleinden, die op blz. 55 zijn opgesomd.

De zaal, met een volume van 15 000 m³, had een sterk geluidabsorberende wandbekleding en een (ten behoeve van de verlichting) geperforeerd plafond. Dit had tot gevolg dat de nagalmtijd (1,4 s bij 500 Hz in de lege zaal) voor muziek veel te kort was. Voor spraak was de akoestiek niet ongunstig, maar door de grote lengte van de zaal (45 m) liet achterin de verstaanbaarheid veel te wensen over.

Verstaanbaarheid

De verstaanbaarheid is verbeterd door middel van stereofonische ondersteuning met behulp van 2×2 microfoons op de rand van het toneel, en van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

luidsprekerzuilen aan weerszijden van de toneelopening (fig. 1). De architectuur liet hier niet toe, de afzonderlijke luidsprekers zo te richten dat de hoge tonen gelijkmatig over de zaal werden verdeeld. Ook bleek dat vanaf verschillende zitplaatsen in de zaal het stereofonische beeld niet op dezelfde plaats werd waargenomen. Beide bezwaren konden worden opgeheven door boven het toneel, achter het manteau, enige kleine, passend gerichte, luidsprekerzuilen op te stellen en parallel te schakelen met de verticale zuilen.

Een hoog doorlatend filter met een grensfrequentie van 250 Hz zorgde voor het verzwakken van de lage tonen bij spraak, waarvan in deel I (blz. 274) de wenselijkheid is betoogd.

Muziek uit de orkestbak

Dezelfde stereofonische inrichting, met 2×2 microfoons in de orkestbak, diende ter ondersteuning van muziek uit de orkestbak, voor zover het tonen boven 250 Hz betrof. Om het gebied beneden 250 Hz weer te geven, schakelde men vanaf de centrale lessenaar bij elk van de verticale zuilen lagetonenluidsprekers in; men had hierbij nog de keus tussen laag en hoog geplaatste groepen. De lagetonenluidsprekers werden gevoed over een laag doorlatend filter met grensfrequentie 250 Hz.

Deze installatie werd ook gebruikt voor het versterken van het geluid van zwakke instrumenten of van zangers op het toneel.

Akoestiek voor muziek

De stippen en cirkeltjes in *fig. 14a* tonen waarden van T die de Technisch-physische Dienst van T.N.O, en T.H., Delft, heeft gemeten met de ambiofonische installatie buiten werking; zie ook kromme *1* in fig. 14*b*. Bij 500 Hz b.v. was $T = 1{,}4$ s, bij 10 000 Hz was $T = 0{,}6$ s. Een goede akoestiek voor muziek vereist in een zaal van 15 000 m³ waarden van resp. ca. 2 en 1 s. Nadat de ambiofonische installatie definitief was ingesteld en een correctie voor de lage tonen was aangebracht, zal het verloop van T nagenoeg volgens kromme *2* zijn geweest met de nagalmknop in de stand „maximum", en volgens kromme *3* met deze knop in de middenstand. Deze laatste stand is tijdens de meeste muziekuitvoeringen gebruikt, met zeer bevredigend resultaat.

Radio-uitzendingen

Talloze manifestaties in het Groot Auditorium zijn per radio uitgezonden. Dit is steeds geschied via de microfoons die tot de uitrusting van de zaal behoorden. Met het oog op de eisen die men voor

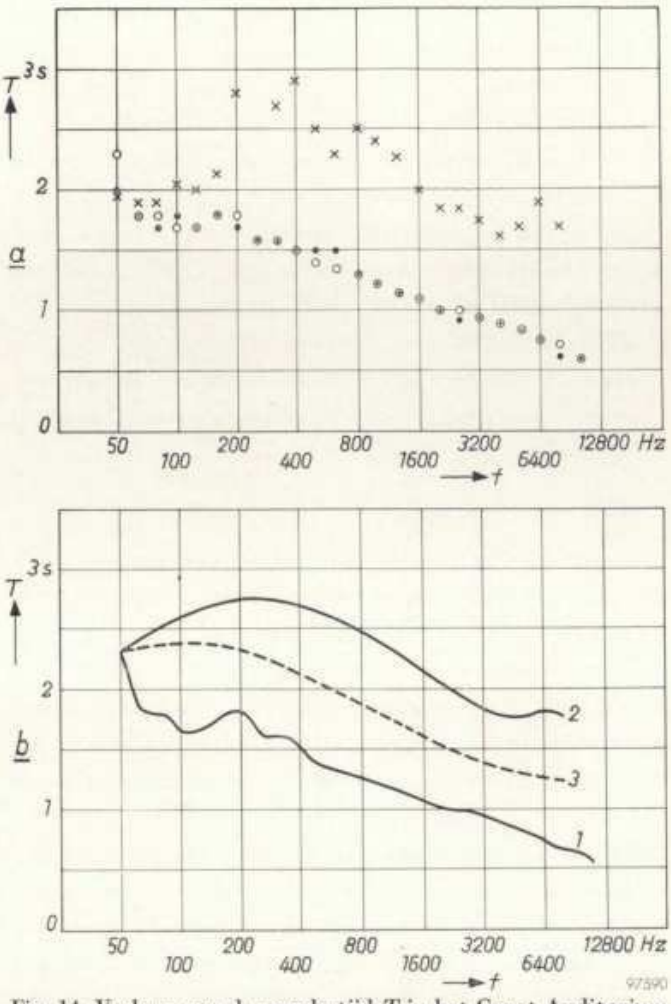


Fig. 14. Verloop van de nagalmtijd T in het Groot Auditorium van de Expo '58 te Brussel, als functie van de geluidsfrequentie f. Zaal zonder publiek, gordijnen gesloten.
a) Waarden, gemeten door de Technisch-physische Dienst T.N.O. en T.H., Delft. Stippen: meetmicrofoon vóór in de zaal, cirkeltjes: meetmicrofoon achter in de zaal; ambiofonische installatie buiten werking. Kruisjes: voorlopige metingen met de ambiofonische installatie op maximale nagalm, maar nog niet definitief ingesteld.
b) Kromme *1* is getrokken door de stippen en cirkeltjes van (*a*). Krommen *2* en *3* zijn door ons afgeleid na definitieve instelling van de ambiofonische installatie en correctie voor de lage tonen. Kromme *2* geldt voor de stand „Maximum" van de nagalmknop, kromme *3* voor de middenstand (deze werd bij de meeste muziekuitvoeringen gebruikt).

de uitzendingen stelde, werden uitsluitend condensatormicrofoons gebruikt. Dit is een type microfoon dat uitmunt door een zeer vlakke frequentiekarakteristiek van de laagste tot de hoogste geluidsfrequenties. De condensatormicrofoons waren van het type EL 6051, waarvan het richtingsdiagram omschakelbaar is van rondom gevoelig op de cardioïdevorm (vgl. deel I, blz. 280).

Voor het verbeteren van de zaalakoestiek is zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de microfoonopstellingen zoals men die voor de radio-uitzending verlangde. De radiolessenaar betrok zijn signalen van de zes microfoonkanalen op de centrale lessenaar (vóór de regelaars, zodat het geluid in de zaal en het signaal voor de radio-uitzendingen onafhankelijk van elkaar konden worden geregeld).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

In enkele gevallen werd ten behoeve van de zaal een andere microfoonopstelling wenselijk geacht dan voor de radio. Er waren dan in totaal wel eens meer dan zes microfoons tegelijk nodig. Om deze reden was er een voorzetlessenaar opgesteld, via welke zes microfoons — afzonderlijk regelbaar — op één ingang van de radiolessenaar konden worden aangesloten. Daardoor kreeg de omroep de beschikking over in totaal elf microfoonkanalen. Elektrisch opgewekte nagalm kon worden bijgemengd.

Radioverslaggevers hadden voor het geven van commentaar de beschikking over vier spreekcellen, met uitzicht op de zaal.

Andere voorzieningen

Over de verdere voorzieningen kunnen wij kort zijn. Grote waarde werd gehecht aan het registreren van uitvoeringen en aan het weergeven van registraties op band of grammofoonplaten. Er waren dan ook afzonderlijke lessenaars voor grammofoonweergave (met twee professionele grammofoons) en voor stereofonisch opnemen en weergeven van magnetische banden (met twee professionele magnegrafoons). Bij het registreren kon elektrisch opgewekte nagalm worden toegevoegd via de centrale lessenaar als mengtafel.

De meeste uitvoeringen in het Groot Auditorium werden slechts één maal gegeven. Er werd dan ook maar zelden (en dan nog slechts kort) gerepeteerd, zodat van een zorgvuldig voorbereiden van geluidseffecten geen sprake kon zijn. Om deze reden werd geen inrichting voor panoramische effecten aangebracht zoals in Scala en Chaillot. Toch bood de aanwezige installatie nog ettelijke mogelijkheden tot geluidseffecten behalve stereofonie en ambiofonie. De bovengenoemde lagetonenluidsprekers (met uitgeschakeld filter, zodat ze het volledige spectrum weergaven) konden namelijk ieder afzonderlijk worden gebruikt om geluid van links of rechts, of van boven of beneden te laten komen, en ook om gezamenlijk werkend een horizontaal of verticaal bewegende geluidsbron te suggereren.

De „draadloze" installatie voor simultane vertaling, met zes kanalen en zes tolkcabines, werd boven al besproken (fig. 5 en 6). Verder noemen wij nog: een algemene meeluisterinrichting voor de artiesten in de kleedkamers, voor het technisch personeel en voor bezoekers in de foyers, en een draadlus voor hardhorenden.

Gebouw voor Kunsten en Wetenschappen, Den Haag

Het Haagse Gebouw voor Kunsten en Wetenschappen dateert van 1874 en bevat een zaal met drie balkons en 2100 zitplaatsen. De zaal dient in de eerste plaats voor concerten, maar er worden ook toneelstukken en revues gegeven en grote vergaderingen gehouden. Sinds 1954 beschikt het gebouw over een installatie voor ambiofonie. Na de Philipsschouwburg in Eindhoven was dit het eerste gebouw dat van zo'n inrichting werd voorzien [13]). De hiermee opgedane ervaring heeft veel bijgedragen tot het succes van de bovenbeschreven installaties in andere landen [14]).

In oktober 1958 heeft de oude installatie plaats gemaakt voor een nieuwe. De redenen hiervoor waren, 1) dat men het prototype van de ambiofonische inrichting wilde vervangen door een definitieve uitvoering, 2) dat de grote luidsprekers langs de balustrade van een der balkons visueel niet bevredigden, en 3) dat aanvullende middelen nodig waren om de verstaanbaarheid te verbeteren en het geluid van het orgel, dat zich op een akoestisch ongunstige plaats bevindt, beter tot zijn recht te laten komen.

We willen hier volstaan met van de nieuwe installatie enkele bijzonderheden aan te stippen.

Luidsprekers voor ambiofonie

Voor ambiofonie beschikte de oude installatie over 54 achter in de zaal en in de achterwand van het eerste en het tweede balkon aangebrachte luidsprekers en over zes grote luidsprekerkasten, bevestigd aan de balustrade van het tweede balkon. Eerstgenoemde luidsprekers echter vielen door hun afmetingen zo op dat ze voor de definitieve installatie onaanvaardbaar werden geacht. De enige plaats waar men luidsprekers met een luchtvolume achter de conus dat groot genoeg is voor goede lagetonenweergave, onopvallend kon onderbrengen, was hoog in de zijwanden van de zaal, direct onder het plafond. Met luidsprekers op deze plaats kon echter het beoogde doel niet worden bereikt, doordat de hoge tonen niet voldoende in de zaal zouden doordringen en bovendien het geluid niet overal voldoende diffuus zou zijn.

Daarom hebben wij een andere oplossing gezocht, uitgaande van het in deel I gememoreerde feit dat men bij lage tonen niet in staat is, richtingen te onderscheiden. De gekozen oplossing is als volgt. Ter aanvulling van de eerder genoemde 54 luidsprekers, die zowel hoge als lage tonen weergeven, zijn dicht onder het plafond in de zijwanden acht grote luidsprekers aangebracht, uitsluitend voor de

[13]) Zie het in [4]) aangehaalde artikel, fig. 3, 5 en 8 en blz. 230.

[14]) Voor de getoonde belangstelling en voor de medewerking die de directie van het Gebouw voor Kunsten en Wetenschappen steeds heeft verleend bij het experimenteren op dit nieuwe gebied van de geluidstechniek, spreken wij hier gaarne onze erkentelijkheid uit.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

lage tonen. Voor de hoge tonen dienen in totaal 106 luidsprekerkastjes, over de wanden verspreid. Daarvan zijn er 52 onopvallend onder het eerste balkon en langs de onderrand van het eerste en het tweede balkon bevestigd (*fig. 15*). De conussen van laatstgenoemde luidsprekers zijn schuin omlaag op de zaal gericht. Ondanks dit gericht zijn op de parterreplaatsen, ontstaat diffuus geluid, door het grote aantal luidsprekers en de onregelmatige verdeling over de vier vertraagde kanalen van de ambiofonische inrichting EL 6910. De kastjes zijn van achteren open, zodat het achterwaarts uitgestraalde geluid bijdraagt tot de nagalm onder en op het eerste balkon. Het voeden van de lage- en de hogetonenluidsprekers uit de vier vertragingskanalen geschiedt over scheidingsfilters, met een scheidingsfrequentie van 250 Hz.

Resp. 16, 16, 12 en 10 hogetonenluidsprekers in kleine kastjes zijn onder het eerste en op het eerste, tweede en derde balkon geplaatst. Deze hebben, behalve voor ambiofonie, een belangrijke functie in de hieronder te bespreken verstaanbaarheidsinstallatie.

Verbetering van de verstaanbaarheid

De verstaanbaarheid was onvoldoende, 1) in de diepe ruimte onder het lage balkon achter in de zaal (waar het geluid door het meer naar voren zittende publiek te veel is gedempt), 2) op het bovenste balkon, waar door de grote afstand tot het toneel de verhouding van direct geluid tot nagalmgeluid te ongunstig is, en 3) op vele plaatsen wanneer het publiek rumoerig is (bij revues e.d.).

Ter verbetering zijn aan iedere kant vóór in de zaal vier luidsprekerzuilen aangebracht, op hoofdhoogte onder het eerste en boven het eerste, het tweede en het derde balkon. Deze zuilen, elk met vijf luidsprekers EL 7021, bestrijken de parterrerijen, de zijbalkons en de achterbalkons. Evenmin echter als de stemmen van het toneel, dringt het geluid van de zuilen voldoende door in de diepe ruimte onder het eerste, lage, balkon. Om ook deze plaatsen te bereiken, zou men de versterking zo ver moeten opvoeren dat het geluid voor de dichterbij zittende toeschouwers te luid zou worden en er gevaar van akoestische terugkoppeling naar de microfoons op het toneel zou ontstaan.

Om deze reden is voor dit deel van de zaal de aanwezigheid van de vertragingsrichting benut om ter plaatse aangebrachte luidsprekers geluid te laten geven dat het publiek aldaar ca. 10 ms later bereikt dan het geluid van het toneel en van de zuilen. Men hoort het geluid dan van het toneel komen. De luidsprekers onder het balkon hoort men pas bewust

Fig. 15. De zaal in het gebouw voor Kunsten en Wetenschappen in Den Haag, gezien vanuit een loge op het eerste balkon. Langs de onderrand van het tweede balkon zijn drie luidsprekertjes voor hoge tonen zichtbaar.

als men dichter dan 0,5 m erbij komt; ze zijn echter ruim 1 m van de dichtstbijzijnde plaatsen verwijderd.

Dezelfde methode wordt toegepast voor de achterste plaatsen *op* het eerste, tweede en derde balkon.

De vertragingsinrichting kan hier dus op twee manieren werken:

1) voor ambiofonie, waarbij alle luidsprekers rondom de zaal (behalve die op het derde balkon) over de vier kanalen zijn verdeeld en de terugkoppeling werkzaam is, en
2) voor spraak, waarbij alleen de bovengenoemde 16 + 16 + 12 + 10 luidsprekers werken en op één vertragingskanaal zijn geschakeld; de terugkoppeling is dan uitgeschakeld.

Bediening

Bij de nieuwe installatie stond voorop dat de bediening zeer eenvoudig moest zijn en dat de instellingen vanaf een bepaalde plaats in de zaal gecorrigeerd moesten kunnen worden.

Aan de eerste eis is voldaan door in de geluidscabine af te zien van een grote centrale lessenaar en te volstaan met een viertal schakelaars op het versterkerrek, gemerkt „Toneel", „Solist", „Orkest" en „Orgel". Deze schakelaars brengen de voor elk van deze gevallen passende microfoons in werking doordat ze de bijbehorende voorversterkers inschakelen en de uitgangen daarvan via op grond van luisterproeven ingestelde verzwakkers doorverbinden met bepaalde eindversterkers of met de ambiofonische inrichting. Ook combinaties van de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

genoemde gevallen zijn mogelijk, b.v. orkest met solist, orkest met orgel, toneel met commentator (zoals nodig in het toneelstuk „Van de brug af gezien", van Arthur Miller).

Als de schakelaar „Toneel" in staat, zijn vier microfoons EL 6031 (*fig. 16*) op de voorrand van het toneel ingeschakeld. Bovendien werken dan de luidsprekerzuilen en is de vertragingsinrichting via relais op „Spraak" geschakeld, onafhankelijk van het feit of nog andere schakelaars in staan. In alle andere gevallen werkt de vertragingsinrichting als

Fig. 16. De elektrodynamische microfoon EL 6031 met hypercardioïdevormig richtingsdiagram, op zwanehalsstatief.

ambiofonische installatie. In de stand „Solist" werkt de solistenmicrofoon samen met de zuilen en met de ambiofonische installatie, en bestaat er een vooraf ingestelde verhouding der intensiteiten van direct en indirect geluid. In de stand „Orkest" werkt alleen de ambiofonische installatie, met de microfoons boven het podium. In de stand „Orgel" werkt de orgelmicrofoon samen met de zuilen (die het orgel „akoestisch op het toneel plaatsen") en met de ambiofonische installatie, die de akoestiek passend maakt voor orgelmuziek; bovendien wordt het orgel voor de lage tonen ondersteund door luidsprekers in het plafond.

Aan de tweede eis — correctie vanuit de zaal — is voldaan door middel van een kleine verplaatsbare correctielessenaar. Daarbij is gebruik gemaakt van de nieuwe fotoweerstanden van cadmiumsulfide [15]). In serie met de sterkteregelaars op het versterkerrek zijn zulke fotoweerstanden opgenomen, en deze worden belicht door gloeilampjes. De stroom door ieder lampje (in dit geval gelijkstroom) is regelbaar met behulp van een regelweerstand op de correctielessenaar. Met de lichtstroom van het lampje varieert de weerstand van het cadmiumsulfide, en daarmee de signaalsterkte. Het systeem is volkomen vrij van kraken, en goedkoper dan een systeem met kraakvrije regelpotentiometers. Een tweede voordeel ervan is dat de lessenaar alleen door gelijkstroomleidingen met het versterkerrek verbonden is. Er zijn dus geen lange afgeschermde signaalleidingen met lage impedantie nodig, zoals het geval is in het Teatro alla Scala (zie boven).

Via relais kan men vanaf de correctielessenaar de verschillende luidsprekergroepen afzonderlijk of alle tegelijk in- en uitschakelen. Eveneens kan men vanuit de zaal, als de schakelaar „Toneel" niet in staat, de vertragingsinrichting overschakelen van „Ambiofonie" op „Spraak" en omgekeerd; dit komt b.v. te pas tijdens een parlando-gedeelte in een operette, waarbij de installatie tevoren op „Ambiofonie" stond.

„Volkswagen" fabriek, Wolfsburg

Wij verlaten nu de toneel- en muziekwereld, om in dit laatste hoofdstuk nog een korte beschrijving te geven van de zeer bijzondere toespreekinstallatie in de „Volkswagen" fabriek.

In de Duitse Bondsrepubliek is het wettelijk voorgeschreven dat in fabrieken ieder kwartaal een bijeenkomst van de directie en het gehele personeel wordt belegd waarop de directie een overzicht geeft van de gang van zaken en de behaalde bedrijfsresultaten. De „Volkswagen" fabriek heeft een personeel van ca. 35 000 man. Het is begrijpelijk dat er voor zo'n mensenmenigte geen andere vergaderzaal beschikbaar is dan de fabriek zelf. Men houdt de bijeenkomsten dan ook in drie of vier naast elkaar gelegen fabriekshallen — welke daarvoor worden gekozen, hangt af van de omstandigheden van het ogenblik — en bij mooi weer ook wel buiten.

Iedere hal is 250 m lang, 25 m breed en slechts 8 m hoog. Het dak wordt gedragen door zware kolommen met 8 m tussenruimte, die de scheiding tussen de hallen vormen. De oppervlakken van muren, dak, vloer, kolommen, machines, enz. zijn akoestisch zeer hard, wat een ongunstige factor met het oog

[15]) N. A. de Gier, W. van Gool en J. G. van Santen, Fotoweerstanden van geperst en gesinterd cadmiumsulfide, Philips techn. T. **20**, 285-295, 1958 (no. 10).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

op de verstaanbaarheid is. Eveneens ongunstig is de vorm van het dak: een sheddak, zodat er talrijke weinig gedempte trilholten aanwezig zijn. Voegt men daarbij nog de enorme lengte (ca. 200 m van de spreker tot de verst verwijderde toehoorders) en de geringe hoogte, dan zal het duidelijk zijn dat het een moeilijk probleem was, hier een behoorlijke verstaanbaarheid te scheppen. Daar kwam nog bij dat de elektro-akoestische installatie gemakkelijk monteer- en demonteerbaar moest zijn (daar immers de bijeenkomsten niet telkens in dezelfde hallen en soms ook buiten worden gehouden), zodat ze niet al te gedecentraliseerd mocht zijn, en dat ze ook in de open lucht een goede verstaanbaarheid moest verzekeren.

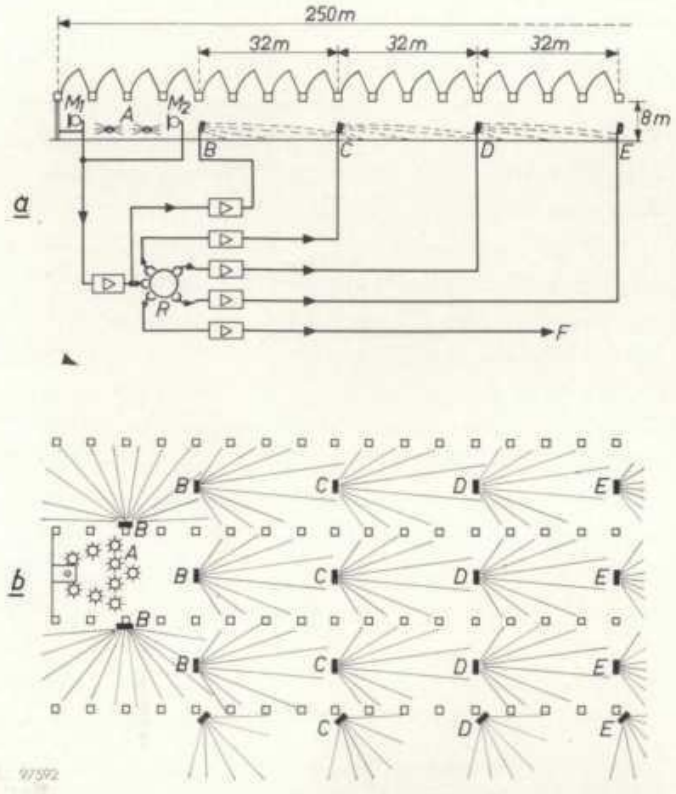


Fig. 17. *a*) Verticale doorsnede, *b*) plattegrond van de hallen der „Volkswagen" fabriek, waar ieder kwartaal directie en personeel bijeenkomen. M_1, M_2 microfoons. *A* kleine, rondom stralende luidsprekers (zie fig. 19). *R* vertragingsinrichting, die de luidsprekerzuilen *B* . . . *F* voedt (*C* is 0,1 s vertraagd ten opzichte van *B*, *D* is 0,1 s vertraagd ten opzichte van *C*, enz.). De luidsprekers van iedere zuil zijn zo ten opzichte van elkaar verdraaid dat het geluid gelijkmatig over de verschillende vakken verdeeld wordt.

De gekozen oplossing berust op het principe dat in *fig. 17* is verduidelijkt (vgl. fig. 17 van deel I). In ieder van de hallen worden vakken van 32 m lengte door een luidsprekerzuil van geluid voorzien, waarbij elke zuil 0,1 s (ongeveer de tijd die het geluid nodig heeft om 32 m te doorlopen) vertraagd is ten opzichte van de vorige zuil. De zuilen hellen iets voorover (fig. 17*a*), en de verschillende luidsprekers in iedere zuil zijn zijdelings zodanig gericht dat het geluid gelijkmatig over het te bestrijken vak wordt verdeeld (fig. 17*b*). *Fig. 18* geeft een blik in de fabriek tijdens een bijeenkomst.

Een voordeel van deze methode is dat alle toehoorders de indruk krijgen dat het geluid uit de richting van de spreker komt. Hoorden zij het geluid van elders komen, dan zou de aandacht al spoedig verslappen, met als gevolg een toenemende neiging om onderlinge gesprekken te beginnen, en daardoor hoger storingsniveau, verminderde verstaanbaarheid, nog minder aandacht, enz.

Fig. 18. Hal van de „Volkswagen" fabriek tijdens een bijeenkomst. Men ziet enige luidsprekerzuilen (*C* . . . *E* in fig. 17).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 19. Een van de kleine rondom stralende luidsprekers (*A* in fig. 17) op de tafels van directie, personeelsraad en pers.

In het gedeelte van de fabriek waar het spreekgestoelte staat (links in fig. 17), en waar de directie, de personeelsraad en de persvertegenwoordigers aan tafels zijn gezeten, is een andere oplossing gekozen. Op de tafels zijn kleine, rondom stralende luidsprekers op gesteld (*fig. 19*). Wegens de korte afstand tot de toehoorders behoeven deze luidsprekers slechts zwak geluid te geven. Het gevaar van „rondzingen" door akoestische terugkoppeling is daardoor volkomen afwezig.

Met het oog op de gewenste verplaatsbaarheid zijn de versterkers en de vertragingsinrichting op een wagentje gemonteerd. Het opbouwen en afbreken van de gehele installatie is een kwestie van slechts twee tot drie uren.

Op openluchtbijeenkomsten worden de luidsprekerzuilen samengevoegd tot grotere eenheden. Deze worden dan in faze gevoed, waartoe men door middel van een schakelaar de vertragingsinrichting buiten werking stelt. Op deze wijze wordt ook in de open lucht een goede verstaanbaarheid verkregen.

Samenvatting. De voornaamste akoestische problemen in theaters zijn die welke betrekking hebben op de verstaanbaarheid, op de akoestiek voor muziek die in de orkestbak of elders wordt gespeeld, en op de akoestiek zoals de acteurs en de musici die ondervinden. Visuele eisen blijken dikwijls in strijd met akoestische eisen te komen. Niettemin kunnen deze laatste bevredigd worden door een doelmatige ondersteuning met direct en indirect geluid, geleverd door een elektro-akoestische installatie. Deze verschaft het theater nieuwe exploitatiemogelijkheden en vergt geen bijzonder personeel.

Behalve aan zulk een installatie met een artistieke functie bestaat er in theaters behoefte aan elektro-akoestische faciliteiten, zoals een meeluisterinrichting voor artiesten in de kleedkamers, een oproepinrichting ter waarschuwing van verschillende medewerkers en van het publiek, een voorziening ten behoeve van hardhorenden, een simultane vertaalinrichting voor internationale congressen, enz. Ook televisieverbindingen zijn doelmatig gebleken, hetzij om de dirigent zichtbaar te maken in een afzonderlijke muziekstudio, hetzij ten behoeve van te laat gekomen bezoekers in de foyer.

Het hart van het gehele elektro-akoestische complex is de geluidscabine. Na de inrichting hiervan te hebben beschreven, behandelt de auteur verschillende grote installaties, geplaatst in het Teatro alla Scala te Milaan, het Théâtre National Populaire (Palais de Chaillot) te Parijs, het Groot Auditorium van de Expo '58 in Brussel, het Gebouw voor Kunsten en Wetenschappen in Den Haag, en de „Volkswagen" fabriek in Wolfsburg.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN BREDEBANDVERSTERKER MET EEN UITGANGSVERMOGEN VAN 10 W BIJ 4000 MHz

door J. P. M. GIELES en G. ANDRIEUX *). 621.375.2.029.6:621.385.3.029.6

In aansluiting op een eerder verschenen artikel, waarin de constructie van de microgolfschijftriode EC 59 werd behandeld, wordt in dit artikel een versterker beschreven die voor deze buis is ontwikkeld. Hierbij wordt tevens aangesloten op een vroeger artikel betreffende een versterker voor de triode EC 57, die voor kleinere vermogens is bedoeld.

De zendtriode EC 59 is ontwikkeld voor gebruik in straalzenders waarin het vermogen dat door de EC 57 kan worden geleverd, niet toereikend is [1]). In verband met het grotere vermogen, en tevens door enkele constructieve verschillen tussen de beide genoemde buizen, kan de EC 59 niet worden gebruikt in de versterker die destijds voor de EC 57 werd geconstrueerd [2]). De bedoeling van dit artikel is een beschrijving te geven van de constructie en de eigenschappen van een versterker die is ontwikkeld voor gebruik met de EC 59. Daar beide versterkers uiteraard grote verwantschap vertonen, zullen wij hierbij vaak naar het genoemde artikel [2]) (aangehaald als I) verwijzen.

De belangrijkste verschillen tussen de triodes EC 59 en EC 57

In *fig. 1* zijn de beide genoemde buizen naast elkaar getoond. Het belangrijkste verschil is dat de EC 59 een vermogen van ruim 10 W kan leveren, terwijl dit bij de EC 57 slechts 1,5 W is In verband hiermede wordt bij de EC 59 *waterkoeling* van de anode toegepast, wat een ingrijpende wijziging in de constructie van de versterker noodzakelijk maakte. Een ander belangrijk verschil tussen de beide buizen wordt gevormd door de afmetingen van de katodedrager. Deze heeft nl. bij de EC 59 een kleinere lengte en een grotere diameter. Hierdoor moest, om een goede aanpassing van de buis aan de golfgeleider te verkrijgen, aan de katodezijde een andere constructie worden toegepast.

Het ingangscircuit

In *fig. 2* is een vervangschema getekend voor de ingangsimpedantie van een schijftriode (zie ook fig. 3 in I). Hierin is R_{gk} de ingangsweerstand,

Fig. 1. De schijftriodes EC 57 (met luchtkoeling) en EC 59 (met waterkoeling), beide voor 4000 MHz.

direct gemeten tussen rooster en katode, C_{gk} de capaciteit tussen deze elektrodes en L_k de zelfinductie van de katodedrager, de katodebus en de katodeschijf. Parallel met dit geheel bevindt zich de capaciteit C_d tussen roosterschijf en katodeschijf.

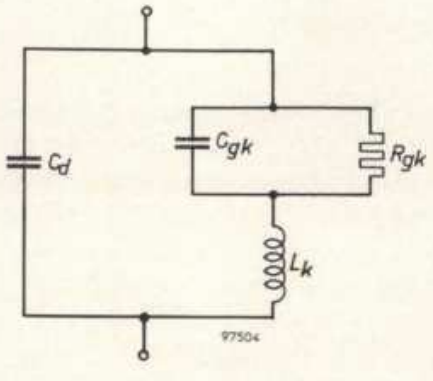


Fig. 2. Vervangschema voor het ingangscircuit van een schijftriode. R_{gk} ingangsweerstand tussen rooster en katode; C_{gk} capaciteit tussen deze elektrodes; L_k zelfinductie van katodedrager en katodebus; C_d capaciteit tussen roosterschijf en katodebus.

*) Laboratoires d'Electronique et de Physique appliquée, Parijs.

[1]) V. V. Schwab en J. G. van Wijngaarden, De EC 59, een zendtriode met 10 W vermogen bij 4000 MHz, Philips techn. T. **20**, 295-304, 1958 (no. 10). In enkele eerder verschenen publikaties wordt deze buis aangeduid als 49 AF.

[2]) J. P. M. Gieles, Een bredebandversterker met schijftriode voor 4000 MHz, Philips techn. T. **19**, 149-161, 1957; verder aangehaald als I.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Bij de beide buizen EC 57 en EC 59 is R_{gk} ongeveer 60 Ω en C_{gk} ongeveer 1,6 pF. Terwijl echter bij de EC 57 de waarde van L_k ongeveer 3×10^{-9} H is, bedraagt deze bij de EC 59 slechts 10^{-9} H. Vervangen we nu de ingangsimpedantie van de buizen door een parallelschakeling van een weerstand en een reactantie, dan is bij de EC 57 bij 4000 MHz deze weerstand ca. 400 Ω, wat ongeveer overeenkomt met de golfweerstand van de golfgeleider. Bij de EC 59 is daarentegen deze weerstand slechts 10 Ω. Hierdoor is het nodig om tussen de ingangsgolfgeleider en de buis een transformator aan te brengen.

Als zodanig kan men een zogenaamde kwartgolflengtetransformator gebruiken. Wordt een dergelijke transformator uit een normale rechthoekige golfgeleider vervaardigd, dan blijkt echter dat de frequentieband waarover een goede aanpassing is te bereiken, tamelijk smal is. Een goed middel om de frequentieafhankelijkheid te verminderen, is het gebruik van een golfgeleider met een dwarsdoorsnede zoals in *fig. 3* is aangegeven. De buitenste be-

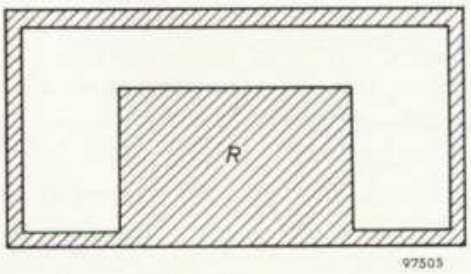


Fig. 3. Dwarsdoorsnede van een golfgeleider met „ridge" *R*, zoals is toegepast in de kwartgolflengtetransformator waarmede de ingangsimpedantie van de buis is aangepast bij de golfweerstand van de ingangsgolfgeleider.

grenzing heeft de afmetingen van de gewone golfgeleider. Hierbinnen is een verhoging van het ondervlak aangebracht, die we met de in de vakliteratuur gebruikelijke benaming „ridge" zullen aanduiden [3]). De golfweerstand daalt hierdoor aanmerkelijk en de golfgeleider krijgt eigenschappen welke aan die van een tweedraadsleiding doen denken. Door een kort stuk golfgeleider (ca. $\frac{1}{4}\lambda$) vóór de katode van de buis te voorzien van een dergelijke „ridge" met de juiste afmetingen, kan een goede aanpassing worden verkregen over een frequentiegebied dat bijna twee maal zo groot is als bij gebruik van een normale kwartgolflengtetransformator. De constructie is dan ongeveer zoals aangegeven is in *fig. 4*. De buis wordt van onder af ingebracht, en met de schroefdraad op de roosterschijf in de bovenzijde van de golfgeleider vastgeschroefd. De katode is weer met een chokekoppeling (zie I) verbonden met de onderkant van de golfgeleider (hier dus de bovenkant van de

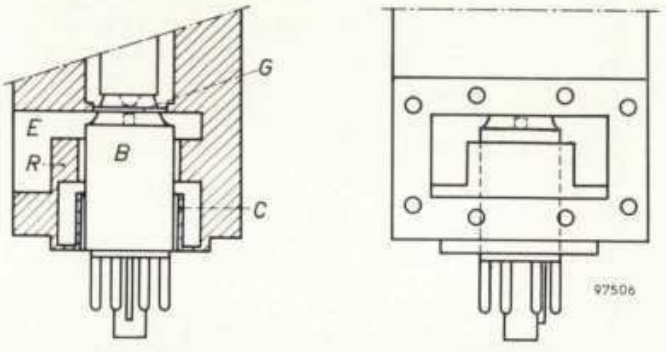


Fig. 4. Vereenvoudigde voorstelling van het ingangsgedeelte van de versterker. *E* ingangsgolfgeleider; *B* katodebus; *R* „ridge"; *C* chokekoppeling; *G* roosterschijf.

„ridge"). De staandegolfverhouding in de ingangsgolfgeleider, wanneer deze is uitgerust met een gemiddelde buis, is als functie van de frequentie geschetst in *fig. 5* (kromme *a*). Deze kromme geldt wanneer de anodekring ten opzichte van de meetfrequenties zodanig is verstemd dat de invloed hiervan op de ingangsimpedantie van de buis kan worden verwaarloosd.

Verstaat men onder de bandbreedte het verschil van die frequenties waarbij de belastingsweerstand uit de golfgeleider een vermogen ontvangt dat de helft is van het maximale vermogen, dan volgt uit een eenvoudige berekening dat deze bandbreedte gelijk is aan het verschil van die frequenties waarvoor de staandegolfverhouding $3+2\sqrt{2}=5{,}8$ is. Uit fig. 5 lezen wij hiervoor af een bandbreedte van 700 MHz.

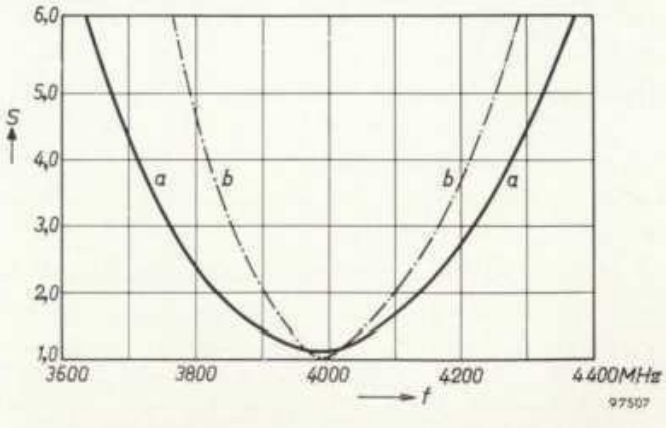


Fig. 5. Staandegolfverhouding *S* in de ingangsgolfgeleider als functie van de frequentie *f*. De kromme *a* geldt wanneer de reactieve elementen voor het aanpassen van de buis bij de golfgeleider nog niet zijn aangebracht. Bij de kromme *b* is dit laatste wèl het geval en is de buis bij 4000 MHz bij de golfgeleider aangepast. Bij beide krommen is de anodekring ten opzichte van de meetfrequentie verstemd.

[3]) Zie b.v. G. C. Southworth, Principles and applications of waveguide transmission, Van Nostrand, New York, 1950, blz. 134 e.v., en S. B. Cohn, Properties of ridge waveguides, Proc. Inst. Rad. Engrs. **35**, 783-788, 1947.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

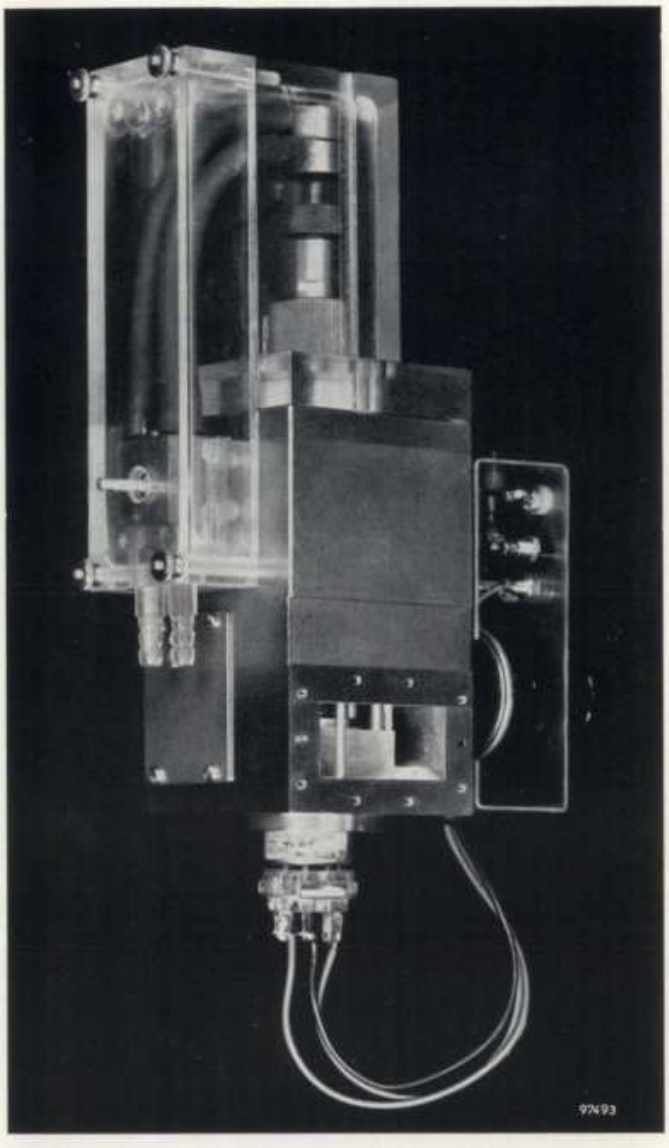


Fig. 6. Versterker met de EC 59, gezien vanaf de ingangszijde. Geheel links bevindt zich onder de veiligheidskap het zg. anticorrosieblok. In de ingangsgolfgeleider zijn de beide reactieve elementen zichtbaar waarmede de buis bij de golfgeleider wordt aangepast.

Om verschillende buisexemplaren bij alle frequenties in het te bestrijken gebied nauwkeurig te kunnen aanpassen, zijn ook hier weer twee reactieve elementen in de golfgeleider aangebracht (zie I). Het eerste hiervan bevindt zich ongeveer bij het begin van de „ridge", terwijl het tweede ongeveer een achtste golflengte hiervóór is opgesteld [4]). Deze elementen zijn in fig. 4 niet getekend, maar zijn wel te zien op de foto van de complete versterker die in *fig. 6* is getoond.

In fig. 5 is met de kromme *b* de staandegolfverhouding in de ingangsgolfgeleider weergegeven wanneer de genoemde aanpaselementen zijn aangebracht en de buis (weer met verstemde anodekring) bij een frequentie van 4000 MHz bij de ingangsgolfgeleider is aangepast. We zien dat het aanbrengen van de aanpaselementen de bandbreedte heeft gereduceerd tot ongeveer 500 MHz.

Als de buis is uitgeschakeld, heeft de ingangsimpedantie natuurlijk een andere waarde, en is de buis dus niet meer bij de golfgeleider aangepast. In dit geval is de staandegolfverhouding in de ingangsgolfgeleider veel groter, namelijk ongeveer 20 [5]).

Het uitgangscircuit

Evenals bij de versterker voor de EC 57 wordt hier de anode van de buis opgenomen in een trilholte, die aan de bovenzijde is afgesloten door een beweegbare zuiger. De anode heeft ook hier een verlengstuk, dat de binnengeleider vormt van een coaxiaal transmissiesysteem. Het eerste stuk van dit transmissiesysteem — nl. het gedeelte dat zich binnen de zuiger bevindt — doet weer dienst als kwartgolflengtetransformator. De hoogfrequente energie passeert tussen de zuiger en deze binnengeleider, en komt dan in het tweede stuk coaxiale leiding. Deze leiding moet nu zonder reflexies overgaan in de uitgangsgolfgeleider. Het ontwerp van deze overgang wordt hier bemoeilijkt door het feit dat de binnengeleider, die immers aan de onderkant overgaat in de anode van de buis, de toe- en afvoerleiding van het koelwater moet bevatten. Dit maakt het nodig dat deze binnengeleider de tegenoverliggende wand van de golfgeleider bereikt, waardoor een constructie als in de EC 57-versterker onmogelijk is. Als de binnengeleider hoogfrequent contact maakt met de tegenoverliggende wand van de golfgeleider, moeten de golfweerstanden van de coaxiale leiding en de golfgeleider ongeveer aan elkaar gelijk zijn. De golfweerstand van de golfgeleider is ongeveer 500 Ω, terwijl de maten van de coaxiale leiding gegeven zijn door die van buis en trilholte, waardoor de golfweerstand hiervan ongeveer 20 Ω bedraagt. Ook hier is dus een transformatie nodig. Het gebruik van één enkele kwartgolflengtetransformator kwam hier niet in aanmerking, omdat het frequentiegebied waarin hiermede de reflexievrije aansluiting kan worden verkregen, te klein is. Een overgang van coaxiale leiding naar golfgeleider die zonder correctiemiddelen in het gehele frequentiegebied van 3800 tot 4200 MHz bruikbaar is, bleek te kunnen worden verkregen met twee kwartgolflengtetransformatoren, en wel één in de coaxiale leiding en één in de golfgeleider. Een en ander is in *fig. 7* geïllustreerd. De staandegolfverhouding die bij toepassing van deze constructie optreedt, is binnen de genoemde

[4]) In het in [2]) aangehaalde artikel is een storende fout geslopen; men leze op blz. 152 regel 7 en in de regels 3 en 8 van het onderschrift van fig. 4 „achtste" in plaats van „kwart".

[5]) Hierdoor wordt bevestigd dat de ingangsimpedantie van de buis sterk van de steilheid afhangt en dus b.v. niet wordt veroorzaakt door verliezen in de materialen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

frequentieband kleiner dan 1,2, en de ruimte binnen het vernauwde gedeelte van de binnengeleider is voldoende voor het onderbrengen van de toe- en afvoerleidingen van het koelwater.

Het bovenste deel van de binnengeleider moet hoogfrequent contact maken met de golfgeleider en toch voor gelijkspanning hiervan geïsoleerd blijven.

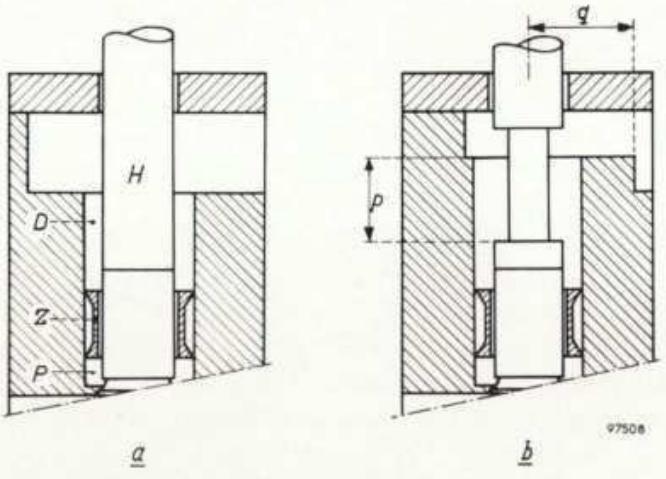


Fig. 7. Vereenvoudigde voorstelling van het uitgangsgedeelte van de versterker, *a*) zonder toepassing van kwartgolflengtetransformatoren, *b*) met twee kwartgolflengtetransformatoren, waarvan er één is opgenomen in de coaxiale uitgangsleiding en één in de uitgangsgolfgeleider. *D* cilindrisch gat, dat met de binnengeleider *H* de coaxiale uitgangsleiding vormt. *Z* zuiger voor het afstemmen van de anodetrilholte *P*. De met *p* en *q* aangegeven afstanden zijn ongeveer een kwart golflengte.

Dit is hier weer gerealiseerd door middel van een chokekoppeling. Het is hierbij met het oog op de hoge spanning (500 V) en de smalle spleet (0,5 mm) van belang dat de binnengeleider zeer nauwkeurig is gecentreerd. Daar de binnengeleider vastgeschroefd is op de anode van de buis en deze laatste door de roosterschijf is gefixeerd ten opzichte van het versterkerblok, zou een kleine excentriciteit van de anode al kortsluiting kunnen veroorzaken. Om deze reden is in de binnengeleider bij de vernauwing een flexibel stukje opgenomen (in fig. 8 met *B* aangegeven). De wanddikte van het horizontale vlakje bedraagt daar slechts 0,3 mm, waardoor het mogelijk is het bovenste deel iets te bewegen ten opzichte van het onderste. Hierdoor kan het bovenste deel worden gecentreerd ten opzichte van het blok. Als dit automatisch zou geschieden bij het inschroeven van de buis, zou er gevaar bestaan van beschadiging van de roosterschroefdraad. Daarom is de constructie zo gemaakt dat de buis, voorzien van de binnengeleider, eerst ongehinderd ingeschroefd kan worden, waarna een centreerdop op het deksel aangebracht wordt. Deze dop wordt tevens benut voor het toevoeren van de anodespanning. Om gevaar van aanraken te voorkomen, is de gehele dop voorzien van een isolerend omhulsel (zie fig. 6).

De versterker, zoals deze tot dusverre is beschreven, zal een frequentiekarakteristiek met één maximum vertonen en een bandbreedte van 100 MHz hebben. Evenals bij de versterker met de EC 57, willen we echter ook hier graag een bandfilterkromme met overgangskoppeling hebben. Wordt hiertoe een tweede trillingskring (de „iris", zie I) in de uitgangsgolfgeleider aangebracht, dan moet deze worden opgesteld op een zodanige plaats dat het systeem tussen de bovenzijde van de zuiger en de iris elektrisch equivalent is met een oneven aantal kwart golflengten. Bij de versterker voor de EC 57 was deze afstand equivalent met éénmaal een kwart golflengte. Door de beide kwartgolflengtetransformatoren, die bij de EC 59 in het uitgangscircuit moesten worden aangebracht, kon deze afstand hierbij niet worden aangehouden. Men moest daarom de iris aanbrengen op een zodanige plaats dat de afstand hiervan tot de bovenzijde van de zuiger elektrisch equivalent is met *drie* maal een kwart golflengte. Het bleek nu echter dat men met één vaste plaats voor deze iris niet meer voor alle frequenties in het gebied van 3800 tot 4200 MHz voldoend nauwkeurig aan de vermelde voorwaarde voldoet. Om deze reden is bij de EC 59 de iris niet in de versterker gemonteerd, maar als los constructie-element tegen de uitgangsflens geschroefd. De te bestrijken frequentieband is nu in twee delen verdeeld, nl. één van 3800 tot 4000 MHz en één van 4000 tot 4200 MHz. Voor elk deel dient een ander element, met verschillende effectieve afstand van de iris tot de zuiger. In dit element is tevens de regelschroef aangebracht, waarmee de koppeling op de gewenste waarde kan worden ingesteld (zie I).

Wanneer wij nu het anodecircuit afstemmen en afregelen tot een bandfilter met overgangskoppeling, blijkt de bandbreedte tussen de punten waar de versterking 0,1 dB is gedaald ten opzichte van die bij de centrale frequentie, evenals bij de EC 57-versterker 55 MHz te bedragen. Dit is voldoende, omdat de over te brengen signalen een frequentieband van 20 MHz in beslag nemen.

Het koelsysteem

De anodedissipatie van de EC 59 bedraagt 125 W (500 V, 250 mA). Dit vermogen wordt ontwikkeld op het anodeoppervlak, dat een oppervlakte heeft van ca. 12 mm². Om de temperatuurstijging aldaar binnen toelaatbare grenzen te houden, wordt waterkoeling toegepast. Het is mogelijk gebleken met een waterstroom van 0,5 liter per minuut een vermogen van 300 W continu af te voeren. Een dergelijke stroom is dus ruim voldoende.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De anode is hol uitgevoerd en aan de binnenzijde voorzien van schroefdraad. De binnengeleider van het coaxiale uitgangssysteem, welke hierin wordt vastgeschroefd, heeft een boring die voor de afvoer van het water is bedoeld. Door de boring steekt een dun pijpje, dat vlak boven het eigenlijke anodevlak uitmondt, en dat voor de aanvoer van het koelwater zorgt. Een en ander is geschetst in *fig. 8*. Voor een

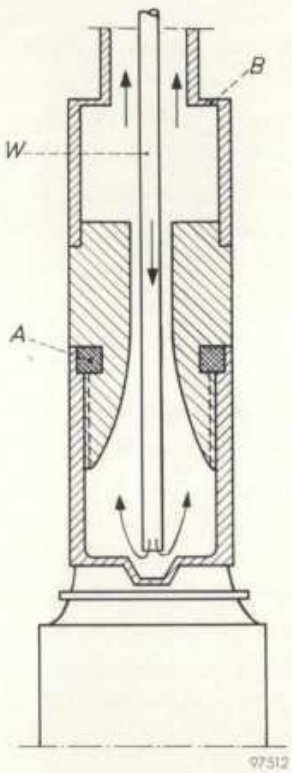


Fig. 8. Vereenvoudigde dwarsdoorsnede van de binnengeleider van de coaxiale uitgangsleiding. *W* toevoerleiding voor het koelwater; *B* flexibel gedeelte om de centrering van het geheel mogelijk te maken; *A* rubberring. De pijlen geven de waterstroom aan.

goede waterdichte afsluiting is een rubberring aangebracht. Het contact tussen de metalen delen heeft aan de buitenzijde plaats, zodat deze rubberring op de elektrische eigenschappen geen invloed heeft.

Na het plaatsen van de buis in het versterkerblok wordt aan de bovenzijde van de binnengeleider een overgangsstuk bevestigd, dat de coaxiale watertoevoer omzet in een tweeleidingssysteem. Zowel de toevoer- als de afvoerleiding passeert hierbij een aan de zijkant van de versterker geïsoleerd bevestigd metalen blokje, dat op dezelfde spanning wordt gebracht als de anode van de buis, en dat wordt aangeduid als het anticorrosieblok. De bedoeling hiervan is de volgende. Het koelwater bevat altijd verontreinigingen (zelfs bij een gesloten watercircuit), waardoor elektrolyse optreedt. Deze geven aanleiding tot corrosie, welke nog wordt bevorderd door het feit dat het materiaal van de anode gemakkelijk corrodeert en moeilijk galvanisch van een beschermende laag kan worden voorzien. Het is nu gebleken dat het eerste stuk van het op hoogspanning staande gedeelte het meest aangetast wordt. Daarom wordt het water eerst geleid door het genoemde metalen blokje, en daarna pas naar de eigenlijke versterker. Dit blokje zal nu het eerst corroderen en kan later eventueel worden vervangen, terwijl de versterker zelf niet wordt aangetast. Omdat het anticorrosieblok een hoge spanning heeft, is het ook onder de beschermende kap opgenomen (zie fig. 6).

Eigenschappen van de complete versterker

Eigenschappen bij zwakke signalen

Bij de meeste exemplaren van de buis blijkt bij zwakke signalen en bij een bandbreedte van 100 MHz de versterking ongeveer 10 dB te zijn. Meten we, nadat het anodecircuit op de genoemde wijze is ingesteld, weer de staandegolfverhouding in de ingangsgolfgeleider, dan zien we dat deze bij de centrale frequentie ongeveer 1,5 bedraagt. De terugwerking is hier dus minder dan bij de EC 57, waar deze waarde ongeveer 2 is. De oorzaak hiervan is de geheel andere configuratie in het eigenlijk werkzame triodedeel. De frequentie waarbij geen terugwerking optreedt, bedraagt bij de EC 57 ongeveer 5200 MHz, bij de EC 59 echter ongeveer 4200 MHz. Deze frequentie ligt hier dus veel dichter bij de werkfrequentie, waaruit de kleinere terugwerking kan worden verklaard.

Eigenschappen bij sterke signalen

In *fig. 9* is de versterking uitgezet als functie van het uitgangsvermogen. Deze kromme is een gemiddelde van metingen aan 16 buizen. De anodespanning was hierbij 500 V en de anodegelijkstroom

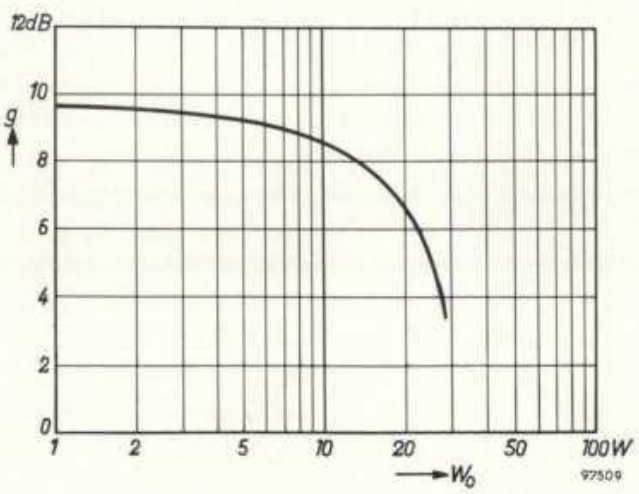


Fig. 9. De versterking g als functie van het uitgangsvermogen W_0 van de in dit artikel beschreven versterker met de buis EC 59. Bandbreedte van de versterker 100 MHz. Van de buis bedroeg de anodespanning 500 V en de anodestroom 250 mA.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

250 mA. De versterker was zodanig ingesteld, dat de bandbreedte bij zwakke signalen weer 100 MHz bedroeg. De versterking bedroeg dan bijna 10 dB. Bij een uitgangsvermogen van 10 W was de versterking gemiddeld 8,6 dB [6]). Bij een uitgangsvermogen van 20 W bedroeg de versterking nog ruim 6,5 dB, zodat men dan een ingangsvermogen van 4 W nodig zou hebben. Om de buis met een dergelijk ingangsvermogen duurzaam te belasten, dient men echter maatregelen te nemen om overbelasting van het rooster te voorkomen. Het is nl. gebleken dat het maximaal toelaatbare stuurvermogen ongeveer is bereikt bij een roosterstroom van ca. 15 mA. Deze roosterstroom hangt o.a. af van de statische I_a-V_g-karakteristiek van de buis en verschilt dus van buis tot buis. Met de meeste buizen konden wij een uitgangsvermogen van 15 W produceren zonder deze grens te overschrijden. Hierbij bedroeg de versterking 7 dB, dus het ingangsvermogen 3 W [7]). Om desgewenst een groter vermogen te bereiken, kan men zo te werk gaan dat men de anodespanning verhoogt en hierbij de anodestroom constant houdt. De kromme van fig. 9 verandert hierdoor slechts weinig, maar bij dezelfde anodestroom behoort nu een grotere negatieve roosterspanning. De roosterstroom zal hierdoor dalen, waardoor een groter stuurvermogen kan worden toegelaten.

Het stuurvermogen voor de EC 59 kan op verschillende manieren worden verkregen. Men kan hiertoe b.v. een EC 57 gebruiken. Deze geeft 1,5 W, wat door de EC 59 versterkt wordt tot ruim 10 W. Ook kan men een parallelschakeling van twee versterkers met buizen EC 57 gebruiken. Het is nl. zeer goed mogelijk gebleken twee triodeversterkers met behulp van splitsingsstukken in de golfgeleiders parallel te schakelen. Hierdoor verkrijgt men het dubbele vermogen bij dezelfde versterking. Op deze wijze kan dus met twee buizen EC 57 een vermogen van 3 W worden verkregen. Dit wordt door een EC 59-versterker versterkt tot 15 W.

Wil men het uitgangsvermogen nog verder opvoeren, dan heeft men de mogelijkheid van het parallelschakelen van twee EC 59-versterkers. Met als stuurtrap een parallelschakeling van twee EC 57-versterkers bereikt men dan een uitgangsvermogen van ruim 20 W. Stuurt men de dubbele eindtrap met een enkele EC 59, die op zijn beurt door een EC 57 wordt gestuurd, dan kan men een vermogen van 30 W bereiken, zonder dat de maximaal toelaatbare waarde van de roosterstroom wordt overschreden.

[6]) De gegarandeerde waarde is 7 dB.

[7]) Omdat momenteel bij dit vermogen nog niet voldoende levensduurproeven zijn genomen, wordt aanbevolen bij praktische toepassingen van de buis het ingangsvermogen kleiner dan 2 W te houden.

In alle hier genoemde schakelingen dienen de in cascade geschakelde trappen te worden gekoppeld door middel van richtingsisolatoren. Zoals reeds in I werd uiteengezet, worden hierdoor vele moeilijkheden die door terugwerking ontstaan, sterk verminderd.

Groeplooptijd, AM-PM-conversie

In het bovenstaande zijn de eigenschappen van de versterker beschreven, uitsluitend lettende op de sterkte van de signalen. In straalzenders met frequentiemodulatie is echter een onderzoek naar de fazeverschuiving tussen ingangs- en uitgangssignaal eveneens van veel belang. We kunnen deze fazeverschuiving φ meten als functie van de frequentie en als functie van het uitgangssignaal, en uit het eerstgenoemde verband desgewenst de groeplooptijd, $d\varphi/d\omega$, berekenen. Ook kan men de groeplooptijd direct meten.

Aan de EC 57-versterker zijn destijds uitvoerige groeplooptijdmetingen verricht [8]). Een van de conclusies uit deze metingen was, dat de groeplooptijd van een triodeversterker vrijwel uitsluitend wordt bepaald door het gebruikte circuit en dat geen merkbare invloed van de buis en van het signaalniveau is waar te nemen. Aangezien er geen reden was om aan te nemen dat dit niet zou gelden voor de EC 59-versterker, die immers dezelfde bandbreedte heeft, zijn hieraan geen metingen van de groeplooptijd verricht. De te verwachten groeplooptijden, dus ook de variaties hiervan binnen de frequentieband van de over te brengen signalen, zijn gelijk aan die welke bij de EC 57-versterker optreden.

Anders wordt het echter als we niet de groeplooptijd $d\varphi/d\omega$, maar de fazeverschuiving φ beschouwen. Deze blijkt namelijk wèl van het signaalniveau af te hangen. Daar het hier een toepassing voor frequentiemodulatie betreft, zou men kunnen veronderstellen dat alle voorkomende signalen een constante amplitude hebben, zodat het bovenstaande van geen belang zou zijn. Een constant signaalniveau is echter in de praktijk zelden te bereiken. In de regel is ook een kleine amplitudemodulatie van het ingangssignaal aanwezig, waardoor een fazevariatie ontstaat, wat bij frequentiemodulatie vervorming geeft. Deze zg. AM-PM-conversie wordt uitgedrukt in graden fazevariatie van de uitgangsspanning ten gevolge van een variatie van 1 dB van het ingangssignaal. Bij de EC 59 is de

[8]) Zie artikel I en verder: J. P. M. Gieles, The measurement of group delay in triode amplifiers at 4000 Mc/s, L'Onde électrique **37**, 781-788, 1957.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

AM-PM-conversie gemeten als functie van het uitgangsvermogen. Er is gebleken dat bij een vermogen van 15 W de AM-PM-conversie slechts 1,2° per dB bedroeg. Dit is bijzonder weinig, vergeleken met andere kortegolfbuizen. Bij gebruik van twee parallelgeschakelde versterkers blijft de AM-PM-conversie dezelfde, zodat men op deze wijze een vermogen van 30 W kan verkrijgen bij een AM-PM-conversie van slechts 1,2° per dB.

Samenvatting. In dit artikel wordt een versterker beschreven waarin de schijftriode EC 59 wordt toegepast. De versterker, die kan worden gebruikt in het frequentiegebied van 3800 tot 4200 MHz, is afgeleid van een vroeger beschreven versterker voor de triode EC 57. Door constructieve verschillen tussen de beide buizen waren echter zowel aan de ingangszijde als aan de uitgangszijde aanzienlijke wijzigingen in het versterkerblok nodig. Ook de noodzakelijkheid van waterkoeling van de buis maakte veranderingen in de constructie nodig. Corrosie van de buis of het versterkerblok wordt tegengegaan door het koelwater te leiden door een zg. anticorrosieblokje, dat op dezelfde spanning staat als de anode van de buis. Bij een uitgangsvermogen van 10 W en een bandbreedte van 100 MHz werd bij metingen met een aantal buizen een versterking van gemiddeld 8,6 dB verkregen. Zonder overbelasting van het rooster kon echter een vermogen van 15 W worden bereikt. Voor het verkrijgen van een groter zendvermogen kunnen desgewenst twee EC 59-versterkers worden parallelgeschakeld.

In de gebruikte frequentieband zijn te verwachten variaties in de groeplooptijd, evenals bij de EC 57-versterker, zeer klein. Dit is eveneens het geval met de fazevariaties die door amplitudeveranderingen van het signaal ontstaan.

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLIKATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publikaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, op aanvraag overdrukken.

2594: G. D. Rieck: Growth and preferred orientations of crystals in tungsten wires (Acta metallurgica **6**, 360-366, 1958, no. 5).

In gerekristalliseerde wolfraamdraden die bepaalde toevoegsels bevatten, is de oriëntatie van de grote kristallen zodanig dat er een [421]- of een [531]-as evenwijdig is met de as van de draad ([421]- of [531]-oriëntatie). Kleine kristallen behouden grotendeels de oriëntatie die bij het trekken werd verkregen, nl. de [110]-oriëntatie. Het ontstaan van de laatstgenoemde oriëntatie kan men verklaren door aan te nemen dat bij het trekken der draden de deformatie tot stand komt door afschuiving langs twee systemen van vlakken en richtingen, nl. langs de $\{112\}$-vlakken in de $\langle 111 \rangle$-richtingen en langs de $\{100\}$-vlakken in de $\langle 100 \rangle$-richtingen. Als dit het geval is, kunnen de kristallen vrij gemakkelijk een langgerekte vorm in de richting van de draadas aannemen. Kristallen echter die ongeveer een [531]-oriëntatie hebben, kunnen slechts afschuiven langs één systeem van vlakken en richtingen. Om toch de richting van de draadas aan te nemen, moeten deze kristallen draaien ten opzichte van de aangrenzende kristallen. Daarbij treedt een sterke afschuiving op in de kristalgrenzen. De toevoegsels bevinden zich in de kristalgrenzen en maken deze tot huidjes die de kristallen, omsluiten en die de vorming van grote kristallen bij rekristallisatie belemmeren. Zo'n huidje verbrokkelt bij de genoemde sterke afschuiving, zodat juist de gedraaide kristallen bij rekristallisatie in gunstige omstandigheden verkeren en tot grote kristallen uitgroeien. Zijn er weinig toevoegsels, dan is deze bevoorrechting minder uitgesproken en er ontstaaan minder grote kristallen. Vroeger werd reeds geconstateerd dat in de grote kristallen een bepaald type fragmentatie optreedt. Dit kan worden verklaard door aan te nemen dat de kristalhuidjes tot buizen worden uitgerekt waarin dammen en lekken voorkomen die statistisch zijn verdeeld (zie ook Philips techn. T. **19**, 109-117, 1957).

2595: J. J. de Jong, J. M. G. Smeets en H. B. Haanstra: Small particles and permanent magnets (J. appl. Phys. **29**, 297-298, 1958, no. 3).

Elektronenoptisch onderzoek van „Ticonal" G en „Ticonal" X in optimale magnetische toestand, met behulp van koolstofreplica's. „Ticonal" G en X vertonen beide een structuur van langwerpige deeltjes met een oriëntatie evenwijdig met het uitwendige magneetveld, dat gedurende de warmtebehandeling van de monsters werd aangelegd. De beide soorten „Ticonal" vertonen echter opvallende verschillen in de details van hun structuren, b.v. wat betreft de verhouding van lengte en breedte der deeltjes, de scherpte der begrenzingen en de onderlinge vergroeiing. Uit de resultaten kan nog niet met zekerheid worden afgeleid of de langwerpige deeltjes een tweede faze vormen in een matrix die uit een andere faze be-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

staat, of dat er slechts sprake is van één faze, met een periodieke fluctuatie in de samenstelling. Het is voorts mogelijk dat de begrenzingen, zoals deze door etsen zichtbaar zijn gemaakt, niet precies samenvallen met de grenzen der gebieden die in magnetisch opzicht van elkaar verschillen. (Vgl. Philips techn. T. **19**, 76-79, 1957.)

2596: A. L. Stuijts en H. P. J. Wijn: Preparation and properties of crystal-oriented ferroxplana samples (J. appl. Phys. **29**, 468-469, 1958, no. 3).

De bij Philips ontwikkelde keramische magnetisch zachte materialen die onder de naam ferroxplana bekend zijn, hebben een hexagonale kristalstructuur. Het vlak loodrecht op de hexagonale as is een voorkeursvlak voor de magnetisatie. Deze materialen zijn bruikbaar tot veel hogere frequenties dan de ferroxcubes, die een kubische kristalstructuur hebben. Men kan ferroxplanakristallen richten met behulp van een magneetveld en ze vervolgens samensinteren. Richt men met een statisch veld, dan plaatsen de hexagonale assen zich loodrecht op de veldrichting, maar zijn verder willekeurig verdeeld (waaiertextuur). Richt men met een roterend veld, dan plaatsen alle kristallen zich met hun hexagonale assen loodrecht op het vlak waarin de veldvector draait (lamellentextuur). In beide gevallen neemt door het richten de permeabiliteit aanzienlijk toe, terwijl de gyromagnetische resonantiefrequentie, die de frequentiegrens voor de bruikbaarheid bepaalt, slechts weinig afneemt. Permeabiliteiten van 56 bij 96 MHz en van 28 bij 230 MHz, beide bij $\operatorname{tg}\delta = 0{,}1$, zijn gemeten. De toeneming van de permeabiliteit is voor een groot deel te danken aan het opheffen van de ongunstige invloed van de anisotropie in de permeabiliteit der kristallen. Zie ook Philips techn. T. **19**, 217-225, 1957.

2597: J. Meltzer en F. C. Dietvorst: Action of Tedion on eggs and ovaries of spider mites (T. Pl.ziekten **64**, 104-110, 1958, no. 1).

Beschrijving en resultaten van proeven omtrent de werking van „Tedion" en enige andere bestrijdingsmiddelen op mijten. Het blijkt dat „Tedion" de zich in het ovarium ontwikkelende eieren van bonespint en fruitspint zodanig beïnvloedt dat zij niet meer levensvatbaar zijn. Het „Tedion" wordt oraal uit het blad opgenomen.

2598: Th. J. de Man, J. R. Roborgh en E. J. ten Ham: Effect of the method of administering massive doses of vitamin A on the liver storage in rats (T. Diergeneesk. **83**, 380-387, 1958, no. 10).

Beschrijving van proeven op ratten waarbij werd nagegaan hoeveel vitamine A, na toediening van een stootdosis van dit vitamine, in de lever wordt opgeslagen. Er werd eerst, door een bepaald dieet, voor gezorgd dat de dieren hun voorraad vitamine A hadden verbruikt. De toediening van het vitamine geschiedde op vijf manieren: oraal in twee vormen, nl. gesolubiliseerd in water en als oplossing in olie; intramusculair, eveneens in deze twee vormen; en ten slotte intraveneus gesolubiliseerd in water. De in de lever teruggevonden percentages bedroegen gemiddeld respectievelijk 58, 43, 62, 3 en 70. Het gehalte aan vitamine A in de lever bleek in de 1 à 1,5 maand die de proef duurde, niet noemenswaardig af te nemen. In de lever kan blijkbaar een voorraad worden opgeslagen die voor een aanzienlijke tijd de nodige hoeveelheid vitamine A aan het dier kan verschaffen.

2599: F. W. de Vrijer: The choice of chrominance signals in the N.T.S.C. system with a view to the differential sensitivity of the human eye to colour (Acta electronica **2**, 103-109, 1957/58, no. 1/2).

Bij kleurentelevisie volgens het N.T.S.C.-systeem wordt de kleurinformatie overgebracht door een signaal, het chrominantiesignaal, dat bestaat uit een hulpdraaggolf waarop de kleursignalen zijn gemoduleerd. Deze kleursignalen zijn weer op bepaalde wijze samengesteld uit de basiskleursignalen die aan de kleuren in de scène beantwoorden. De faze van het chrominantiesignaal bepaalt de kleurtoon, terwijl de verhouding van zijn amplitude tot de amplitude van het helderheidssignaal de kleurverzadiging vastlegt. Kleurafwijkingen ontstaan als gevolg van ruis in het chrominantiesignaal, en ook als gevolg van fazefouten in de referentieoscillator die in de ontvanger synchroon met de genoemde hulpdraaggolf oscilleert en die nodig is voor de detectie van de kleursignalen. Ruis is weer één der oorzaken van deze fazefouten. Hoe gevoelig de basiskleursignalen aan de weergeefbuis zijn voor deze effecten, hangt af van de manier waarop de kleursignalen uit de basiskleursignalen zijn samengesteld. Hoe storend afwijkingen zijn, hangt nog af van de gevoeligheid van het oog voor kleurverschillen. Uitgaande van aan de literatuur ontleende gegevens omtrent toegelaten kleurafwijkingen, is in dit artikel berekend welke fazefouten men bij het N.T.S.C.-systeem mag toelaten. Uit experimenten met een opstelling voor kleurentelevisie heeft de auteur nauwkeuriger gegevens verkregen. Deze heeft hij gebruikt om te berekenen hoe men de kleursignalen uit de basiskleursignalen moet samenstellen om de minste

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

hinder te ondervinden van fazefouten in de referentieoscillator. Het blijkt dat de bij het N.T.S.C.-systeem gebruikte samenstelling slechts weinig van de in dit opzicht beste samenstelling afwijkt.

2600: L. Heijne: The lead-oxide vidicon (Acta electronica **2**, 124-131, 1957/58, no. 1/2).

Beschrijving van een experimentele opneembuis voor televisie waarin de voor licht gevoelige laag onder invloed van het opvallende licht geleidend wordt (fotogeleiding). De laag bestaat uit microkristallijn loodmonoxyde dat in vacuüm is overgedampt. De donkerstroom van de buis is verwaarloosbaar klein (ca. 0,003 μA); de gevoeligheid is groot (100-200 μA/lm); het verband tussen verlichtingssterkte en signaalstroom is lineair; de traagheid is gering, óók bij geringe verlichtingssterkte. De gevoeligheid is maximaal voor licht in het groene of in het blauwe deel van het spectrum; dit hangt af van de dikte van de fotogeleidende laag. De snelheid waarmee het signaal volgt als het licht plotseling wordt onderschept, wordt niet begrensd door de traagheid van de fotogeleidende laag zelf, maar wordt bepaald door het laden van de condensator, gevormd door vóór- en achterzijde van de fotogeleidende laag, door de aftastende elektronenbundel. Bij grote waarden van de verlichtingssterkte treedt een afwijking van de lineariteit op, doordat de genoemde condensator te ver ontladen wordt. Ook als het licht kortgolvig is, treedt niet-lineariteit op. Kortgolvig licht wordt nl. zo sterk geabsorbeerd dat slechts over een geringe diepte in de fotogeleidende laag ladingdragers vrijgemaakt worden. Bij het transport onder invloed van het elektrische veld door het onverlichte diepere gedeelte van de laag treedt dan ruimtelading op die de stroomdoorgang bemoeilijkt. De invloed van de dikte van de fotogeleidende laag op de traagheid, op de niet-lineariteit en op de afhankelijkheid van de golflengte wordt uitvoerig besproken.

2601: H. A. Klasens en A. Bril: Phosphors for colour television (Acta electronica **2**, 143-152, 1957/58, no. 1/2).

Metingen en beschouwingen over de lichtopbrengst en de spectrale energieverdeling van verscheidene blauwe, groene en rode fosforen die in aanmerking komen voor gebruik in weergeefbuizen voor kleurentelevisie. De auteurs tonen aan dat de helderheid van het beeld op de buis in hoofdzaak wordt bepaald door de keuze van de rode fosfor, en dat een compromis nodig is tussen kleurweergave en beeldhelderheid. Uit berekeningen, uitgevoerd voor een witte kleur, volgt dat bij de reproduktie een grotere helderheid wordt verkregen indien men als rode fosfor met zilver geactiveerd zink-cadmiumsulfide gebruikt of met koper geactiveerd zink-cadmiumselenide, in plaats van het gebruikelijke, met mangaan geactiveerde, zinksulfide. Fosforen voor lichtstipaftasters worden kort besproken.

2602: J. C. Francken en R. R. Bathelt: Measurement and evaluation of colour purity in colour tubes (Acta electronica **2**, 153-158, 1957/58, no. 1/2).

Eén van de fouten die een weergeefbuis voor kleurentelevisie kan vertonen, is dat bij het aanleggen van een signaal dat correspondeert met één van de drie primaire kleuren, op het scherm deze kleur enigszins verontreinigd blijkt met één of beide andere primaire kleuren. Na een kort overzicht van de oorzaken die tot deze fout kunnen leiden en van de bekende methodes om de kleurcoördinaten van de weergegeven kleur te bepalen, volgt de beschrijving van een colorimeter die speciaal voor het onderzoek van kleurenbuizen is ontwikkeld. Een matglazen scherm wordt voor de ene helft verlicht door de te onderzoeken weergeefbuis en voor de andere helft door een mengsel van licht dat afkomstig is van drie speciale kleine katodestraalbuizen, die resp. zijn voorzien van dezelfde rode, groene en blauwe fosfor als in de te onderzoeken buis worden gebruikt. De drie kleine buizen worden zo ingesteld dat de schermhelften geen kleurverschil meer vertonen. Het blijkt dat men op deze manier snel een buis op kleurzuiverheid kan toetsen en de kleurcoördinaten van afwijkende kleuren bepalen uit de instellingen van de kleine buisjes. De methode is het nauwkeurigst in de belangrijkste kleurgebieden, nl. die in de omgeving van de kleurpunten der primaire kleuren. Voor routinemetingen aan buizen waarvoor bepaalde goedkeurtoleranties zijn vastgesteld, is het beter de methode zodanig te wijzigen, dat een objectieve en snellere meting wordt verkregen. Dit gebeurt door gebruik te maken van kleurfilters en een foto-elektrische cel.

2603: E. F. de Haan en H. Zimmer: Postfocussing colour tubes (Acta electronica **2**, 189-193, 1957/58, no. 1/2).

Bespreking van een experimentele weergeefbuis voor kleurentelevisie met een nafocusserend masker dat bestaat uit een geperforeerde koperplaat. De plaat is zo stevig dat men hem bolvormig kan maken. Hierdoor kan men de fosforen rechtstreeks aanbrengen op de bolvormige binnenzijde van het venster van de weergeefbuis. De auteur behandelt de vorm die men de perforaties moet geven om een maximale

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

nafocussering te krijgen bij een kleine verhouding tussen scherm- en maskerpotentiaal (beide gerekend ten opzichte van de katodes der drie elektronenkanonnen). Bij de gunstigste vorm is deze verhouding ca. 4 (tegenover 9 bij ronde perforaties). Het doorlatingspercentage van het gebruikte masker bedraagt 60% (bij maskers zonder nafocussering ca. 10%). Beschreven wordt hoe de maskers worden vervaardigd opdat men een fotografische techniek kan gebruiken om de rode, de groene en de blauwe fosfor in het juiste lijnenpatroon op het scherm aan te brengen. Het verlies aan contrast door terugregenende secundaire elektronen kan men beperken door de breedte der fosforlijnen gunstig te kiezen.

2604: J. Haantjes: Physical aspects of coding systems used in colour television (Acta electronica **2**, 320-326, 1957/58, no. 1/2).

Overzicht van fysische en fysiologische aspecten van het tot stand komen van een televisiebeeld. De auteur bespreekt eerst zwart-wittelevisie. Bij het ontwikkelen van een transmissiesysteem is gestreefd naar beperking van bandbreedte, maar toepassing van de informatietheorie leert dat het gebruikelijke systeem in dit opzicht nog zeer verkwistend is. Men kan het probleem ook benaderen door uit te gaan van de eigenschappen van het oog. Het blijkt dan dat veel meer informatie wordt overgebracht dan het oog kan verwerken. Pogingen om transmissiesystemen uit te werken die zo zuinig zijn met bandbreedte als past bij de beperkte prestaties van het oog, en die tevens bevredigend zijn van het standpunt van de informatietheorie, hebben nog geen succes gehad. Wat de kleurentelevisie betreft, behoeft het, in het licht van het voorgaande, geen verwondering te wekken dat het mogelijk is gebleken de kleurinformatie over te brengen zonder de bandbreedte te vergroten. Het in de V.S. gebruikelijke N.T.S.C.-systeem wordt kort besproken. Bij Philips is een ander systeem ontwikkeld, dat eenvoudiger ontvangers mogelijk maakt maar dat tegenover het N.T.S.C.-systeem ook nadelen vertoont. Het N.T.S.C.-systeem lijkt het meest geschikt om te zijner tijd ook in Europa te worden ingevoerd. Het artikel besluit met een verslag van proeven die in het Philipslaboratorium verricht zijn met het oog op de aanpassing van het N.T.S.C.-systeem bij de 625-lijnenstandaard van de zwart-wittelevisie, die in de meeste landen van Europa geldt.

2605: J. E. Rombouts en A. Kaars Sijpesteijn: The chemotherapeutic effect of pyridine-2-thiol-N-oxide and some of its derivatives on certain plant diseases (Ann. appl. Biol. **46**, 30-36, 1958, no. 1).

Beschrijving van experimenten waaruit is gebleken dat pyridine-2-thiol-N-oxyde en het carboxymethylderivaat hiervan in beperkte mate bescherming bieden aan de tuinboon tegen de schimmel Botrytis fabae en aan de komkommer tegen de schimmel Cladosporium cucumerinum. De preparaten worden door de bladeren opgenomen (emfytische of systemische werking) en misschien tot in de wortels getransporteerd. Ook de damp van pyridine-2-thiol-N-oxyde heeft enig beschermend effect. Het koperchelaat van pyridine-2-thiol-N-oxyde werd eveneens geprobeerd; er werd echter geen aanwijzing gevonden dat deze stof in de plant wordt getransporteerd. Wortelapplicatie van de genoemde drie stoffen bleek geen chemotherapeutisch effect te hebben.

2606: C. J. Bouwkamp: A simple method of calculating electrostatic capacity (Physica **24**, 538-542, 1958, no. 6).

Dit artikel vestigt de aandacht op een eenvoudige wiskundestelling, die men in bepaalde gevallen kan toepassen ter berekening van de elektrostatische capaciteit van een lichaam in de overigens lege ruimte. Twee voorbeelden worden behandeld: een lichaam dat bestaat uit twee elkaar rakende bollen, en het lichaam dat ontstaat als men een cirkel om een raaklijn laat wentelen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!